

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

NOČNÍ MYOPIE

Diplomová práce

VYPRACOVALA:

Bc. Hana Rýparová

Obor: 5345T008 Optometrie

Studijní rok: 2014/2015

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D za použití literatury a dalších informačních zdrojů uvedených v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne 3.12. 2014

.....

Bc. Hana Rýparová

Na tomto místě bych ráda poděkovala RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi, Ph.D za vedení mé diplomové práce, cenné rady a odborný dohled.

Tento text vznikl za podpory projektu IGA PřF UP v Olomouci s názvem "Optometrie a její aplikace", č. IGA_PrF_2014015.

OBSAH

Úvod.....	6
1 Myopie.....	8
1.1 Definice	8
1.2 Symptomy	9
1.3 Etiologie	11
1.4 Klasifikace	13
1.4.1 Dělení podle dioptrické hodnoty.....	13
1.4.2 Dělení podle původu.....	13
1.4.3 Dělení podle progresu	14
1.5 Korekce	15
2 Speciální typy myopie	18
2.1 Myopie prázdného pole.....	18
2.2 Přístrojová myopie	19
3 Noční myopie.....	21
3.1 Adaptace na tmu.....	22
3.2 Symptomy	23
3.3 Příčiny vzniku	24
3.3.1 Sférická aberace a vliv velikosti zornice	24
3.3.2 Chromatická aberace a Purkyňův jev	26
3.3.3 Akomodace	28
3.4 Možnosti vyšetření	29
3.4.1 Anamnéza	30
3.4.2 Stanovení objektivní a subjektivní refrakce.....	30
3.4.3 White point test.....	31
3.4.4 Přístrojové měření	33
3.5 Možnosti korekce	35
3.6 Vliv noční myopie na řízení motorových vozidel	36
4 Experimentální stanovení myopického posunu za snížených světelných podmínek .	
.....	39
4.1 Cíle.....	39
4.2 Metodika výzkumu.....	40
4.2.1 Testované subjekty	40

4.2.2	Použité vybavení a vyšetřovací podmínky	41
4.2.3	Metodika měření	42
4.2.4	Metodika statistického vyhodnocení	44
4.3	Výsledky	44
4.4	Diskuze.....	47
Závěr	50
Seznam použitých zdrojů a literatury	51
Přílohy	54

ÚVOD

Noční myopie je jev, při kterém dochází za snížených světelných podmínek, obvykle v noci, k dočasné myopizaci oka a tím ke zhoršení vidění. Tento fenomén není žádnou novinkou, je známý již od 18. století. První zmínky v literatuře pocházejí z roku 1789, kdy anglický astronom Nevil Maskelyne začal používat pro zlepšení vidění při pozorování noční oblohy slabé rozptylné čočky. Roku 1883 pak tento jev podrobněji popsal Lord Rayleigh. Většího významu dosáhla noční myopie v průběhu druhé světové války, kdy byly kladeny vysoké požadavky na přesné vidění pro identifikaci světelných bodů na moři a noční obloze. [28] V posledních desetiletích pak vypukla nová vlna zájmu, kdy je noční myopie zkoumána ve vztahu k řízení motorových vozidel v noci. Byla totiž označena jako faktor, který ovlivňuje schopnosti řidiče a tím ohrožuje bezpečnost provozu.

Ačkoliv se tedy nejedná o nový jev, dodnes nám není zcela objasněn přesný princip vzniku noční myopie. Víme již, že vzniká na podkladě spolupůsobení několika faktorů, ale jejich vzájemný poměr je stále předmětem četných diskuzí a výzkumů.

Cílem této diplomové práce je vytvoření uceleného a přehledného textu, jenž ve stručnosti objasní problematiku noční myopie. Je zřejmé, že práce neobsáhne veškeré dostupné informace o tomto jevu, které jsou nám do dnešního dne známy. Pokud bychom měli zmínit opravdu vše, jednalo by se o poměrně rozsáhlou publikaci. Cílem je tak pouze shrnout vše podstatné a pro čtenáře zajímavé. Pro rozšíření povědomí je možné nahlédnout do článků a studií uvedených v seznamu použitých zdrojů a literatury na konci práce.

Pro opravdu důkladné pochopení zkoumané problematiky je na úvodu práce vysvětlen pojem samotné myopie. Jsou popsány její symptomy, vysvětlena etiologie, stručně rozebrána možná klasifikace podle několika parametrů a uvedeny možnosti její korekce. Pro zajímavost je v práci uvedena také kapitola zabývající se dalšími speciálními typy myopie, jako je přístrojová myopie a myopie prázdného pole.

Hlavní část práce je věnována noční myopii. V teoretické sekci je nejprve vysvětlen pojem adaptace na tmou, který je pro pochopení vzniku noční myopie klíčový. Následně jsou popsány symptomy a podrobněji rozebrány příčiny vzniku, za které je považována sférická aberace, chromatická aberace a akomodace. Dále jsou uvedeny možnosti, jak noční myopii vyšetřit, obvykle je využíván tzv. White point test. Popsány

jsou také možnosti korekce. Poslední kapitola teoretické sekce je věnována aktuální problematice vlivu noční myopie na řízení motorových vozidel.

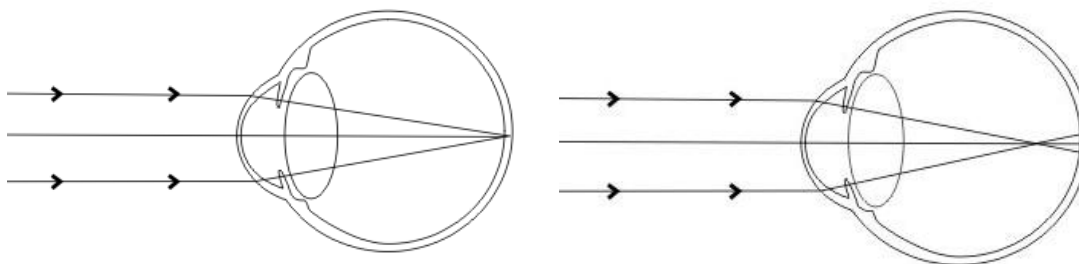
Praktická část práce se zabývá experimentálním stanovením myopického posunu za snížených světelných podmínek. Primárním cílem studie bylo zjištění, jakých hodnot noční myopie dosahuje a zda tuto hodnotu ovlivňuje zvolený znak použitý pro vyšetření. Dále byla zkoumána role sférické aberace při vzniku noční myopie, a zda je možné výslednou hodnotu předvídat z naměřené objektivní refrakce pro různé velikosti pupily.

1 MYOPIE

Na úvod tohoto textu je nutné vysvětlit samotný pojem myopie. V následujících podkapitolách je stručně vysvětleno co to myopie je, jak vzniká, jsou popsány její projevy a jednotlivé formy. Jsou zde shrnuty také možnosti korekce myopie.

1.1. DEFINICE

Myopie, obecně známá spíše pod pojmem krátkozrakost, je sférická refrakční vada, při níž rovnoběžně vstupující paprsky do oka v akomodačním klidu tvoří sekundární ohnisko F' před sítnicí (viz Obr. 1). [1] Pokud bychom měli myopii definovat také pomocí pozice dalekého bodu R, je možné říct, že neakomodované oko je myopické, jestliže daleký bod R leží v konečné vzdálenosti před okem. [2]



Obr. 1: Chod paprsků emetropickým a myopickým okem[3- upraveno]

Korekce myopie je prováděna rozptylnými čočkami, které svým divergentním účinkem přesunou ohnisko na sítnici. Velikost myopie je pak dána vzdáleností dalekého bodu. Pokud je daleký bod 1 m od oka, myopie má hodnotu 1 D, je-li ve vzdálenosti 2 m, myopie je 0,5 D [1]. Tento vztah je možné vyjádřit jednoduchým vzorcem: $A_r = 1/a_r$, kde A_r je axiální refrakce oka měřená v dioptriích [D] a a_r udává vzdálenost dalekého bodu před okem v metrech [m]. Výsledná hodnota je v případě myopie záporná, což vyplývá z polohy dalekého bodu před okem a ze znaménkové konvence. Jako myopie je v odborných studiích uváděn stav, kdy je refrakční vada větší než -0,25 D nebo -0,5 D při cykloplegickém vyšetření. [4, 5]

První přesnější definici myopie vyslovil roku 1611 Kepler. První anatomické vyšetření myopického oka provedl roku 1632 Plempius, a roku 1864 detailně popsal klinické a patologické změny v krátkozrakém oku Donders. Z jeho poznatků vycházíme dodnes. [1] Samotný pojem myopie je převzat z řeckého slova *muops* (muo = přivírat, ops = oko). Název vychází ze zkušenosti, že lidé trpící myopií mají bez brýlové korekce

tendenci přivírat oči. Zúžením oční štěrbinou dochází k navození stenopeického vidění a zmenšení rozptylového kroužku na sítnici. Tento efekt je možné ověřit pomocí testu se stenopeickou clonou (pin-hole test). [2]

1.2. SYMPTOMY

Základní znak myopie je neostré vidění na dálku. Je to způsobeno polohou ohniska před sítnicí, díky čemuž na sítnici nikdy nevznikne ostrý obraz. Ostře jsou viděny pouze předměty, které se nacházejí před dalekým bodem. Vidění do blízka bývá dobré, bez obtíží. Myopové ve středním věku, kdy ubývá schopnosti akomodace, díky tomu potřebují brýle na čtení později než emetropové či hypermetropové. Do určité doby si vystačí s odkládáním brýle při čtení. Pokud je myopií postiženo pouze jedno oko, nebo je myopická vada výrazně rozdílná u obou očí, může být přítomna amblyopie (tupožrakost) a strabismus.



Obr. 2: Jak vidí emetrop [6]

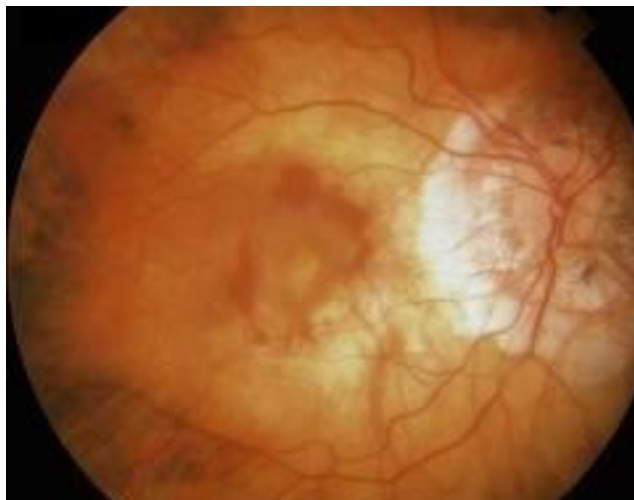


Obr. 3: Jak vidí myop[6]

Pokud není myopie korigována, je sníženo využívání akomodace při pohledu do blízka. Díky tomu je slaběji vyvinut ciliární sval a zornice je širší s pomalejšími

reakcemi. Oslabená akomodace ovlivňuje konvergenci očí, může být proto přítomna exoforie do blízka. Pro myopy bez korekce je také typické mhouření očí při pohledu na vzdálenější předměty. [7]

Mezi základní anatomické změny patří velikost oka. Myopické oko bývá delší, u vyšších stupňů krátkozrakosti může vnikat až dojem exoftalmu (oko vystupuje z očníce). Přední komora je hlubší. Skléra zadní části bulbu je protažená, což se projeví jejím ztenčením. V závislosti na velikosti vady může mít až $\frac{1}{4}$ tloušťku. Díky větší axiální (předozaďní) délce samotného bulbu dochází následně k napínání vnitřních struktur oka, zejména sítnice, ale také cévnatky a sklivce. Obvykle platí, čím je myopie vyšší, tím jsou její projevy zřetelnější a vážnější. Ze základních anatomických změn na sítnici lze jmenovat poloměsíčitou atrofii sítnice – tzv. *conus myopicus*, dále Fuchsovu skvrnu a myopickou makulopatii (viz Obr. 4). Dochází k prosvítání sklery skrz ztenčenou sítnici a cévnatku. V závažnějších případech vedou degenerativní změny v oblasti makuly ke skotomům a ztrátě centrálního vidění, objevuje se krvácení do sítnice a do sklivce, vzniká vysoké riziko amoce (odchlípení) sítnice. Sklivec vlivem vysoké myopie mění svou strukturu, vznikají v něm drobné zákaly – tzv. létající mušky, může kapalnět. Vlivem prodlužování oka dochází také k natažení sklivcové hmoty, vzniká trakce sklivce. [9, 10, 11]



Obr. 4: Myopická makulopatie [8]

Podrobný popis a vysvětlení všech anatomických změn u myopického oka by bylo pro účely tohoto textu nadbytečné. Detailnější informace lze nalézt v mnoha knihách a člancích, např. „Primary care of optometry“, „Oční lékařství“, apod. [9, 10].

Nejpodstatnější je si uvědomit, že myopie neznamená pouze zhoršené vidění na dálku, ale zejména u vyšších vad také vážné zdravotní riziko ohrožující kvalitu vidění.

1.3. ETIOLOGIE

Refrakční stav oka není stálý, vyvíjí a mění se v průběhu celého života. Tento vývoj se nazývá proces emetropizace a jeho cílem je vytvoření a zachování emetropie, neboli ideálního refrakčního stavu oka. Emetropizace má část hypermetropizující, myopizující a období stability.

Novorozenec má běžnou refrakční vadu +3 D (je hypermetrop), což je z důvodu fyziologicky krátkého oka (cca 18 mm). Až do tří let dochází k rychlému vývoji, mění se zakřivení optických ploch, prodlužuje se délka oka na 23 mm. Při nástupu do školy má dětské oko stále lehkou hypermetropii přibližně +1,5 D. Vývoj postupně zpomaluje (0,1 mm za rok) a okolo čtrnáctého roku již dosahuje oko běžných rozměrů – 24 mm. Při tomto růstu dochází k myopizaci přibližně o -3 D, refrakční stav se tedy postupně nuluje. Během dospělosti se již anatomická struktura oka příliš nemění, na změnu refrakčního stavu mají vliv spíše zrakové podmínky, vzácně choroby. K dalším změnám může docházet po sedmdesátém roce života například vlivem změny indexu lomu čočky. [7, 10, 12]

Pokud neprobíhá proces emetropizace ideálně, vznikají refrakční vady. V raném věku se objevuje převážně hypermetropie, oko je krátké, nedovyvinuté. Myopie vzniká obvykle později, nejčastěji jako důsledek rychlejšího či později ukončeného růstu oka. Obecně tak lze říci, že myopie nejčastěji vzniká na podkladě větší axiální (předozadní) délky oka, než je běžné. Myopické oko je proto považováno za nadměrně vyvinuté. Myopii může také zapříčinit změna zakřivení rohovky (keratokonus) nebo čočky (lentikonus), kdy se optická plocha stává více lomivou. Větší lomivost čočky může způsobit také uvolnění závěsného aparátu čočky při poranění nebo spasmu ciliárního svalu. Myopický stav může být dále vyvolán změnou indexu lomu čočky způsobenou kataraktou nebo diabetem. [1]

Příčin vzniku myopického stavu je několik, nejčastěji se jedná o dědičné predispozice, životní styl, vzácněji pak o anatomické změny a anomálie. Většinou jde o kombinaci několika podmiňujících faktorů, přičemž není možné jednoznačně určit hlavní příčinu vzniku. Mnohé faktory nám navíc dodnes nejsou zcela známé a jsou tak předmětem dalších výzkumů.

Významnou roli zde hraje již zmíněná dědičnost. Myopii lze zpětně vysledovat v rodinách po mnoho generací. Je prokázáno, že rodiče zatížení myopií mají často děti se stejnou vadou, zejména pokud se jedná o závažnější stupně krátkozrakosti. Například ve studii o dědičnosti myopie z roku 1944 od Hirsche je uvedeno, že myopie nižší než 1,0 D je dědičná v 15 %, a s rostoucím stupněm vady se procento výskytu v následující generaci zvyšuje. U skupiny s myopií vyšší než 7 D je již dědičnost přítomna v 55 % [4]. Z jiné studie z roku 1999 od Pacella lze vyčíst, že výskyt myopie u dětí závisí také na tom, zda byl myopický pouze jeden nebo oba rodiče. S oběma myopickými rodiči má dítě šanci zdědit myopie 30 – 40 %, pouze s jedním 20 – 25 % [12]. Dědičnost hraje významnou roli zejména u progresivní formy myopie.

Další významný podíl na vzniku má také životní styl, přesněji častá a dlouhodobá práce na blízko. Souvislost lze vidět například s návyky dnešních dětí, které tráví většinu času doma, u počítače, u televize, čtením apod. Oči jsou tak více zatěžovány při pohledu na blízko, než kdyby dítě trávilo většinu času hraním venku v otevřeném prostoru. Vývoj myopie v tomto případě vychází z jednoduché teorie. Vytvářející se dětské oko je velmi citlivé na zrakové podněty. Pokud je dítě nuceno nadměrně akomodovat při práci na blízko, působí neustálý tlak ciliárního svalu na zadní část očního bulbu, kde je skléra pružnější než v přední části. Dochází tak k protažení bulbu, tím ke zvětšení axiální délky a vlastní změně refrakce. Myopie se podle mnoha studií ve větší míře vyskytuje také u lidí s vyšším vzděláním, což má opět souvislost s častějším zatěžováním zraku při práci na blízko, jako je čtení a psaní. Životní styl ovšem nemá dopad pouze na vznik myopie, ale zejména na progresi vady. Tento vliv je dodnes častým tématem k diskuzi. [4, 9]

Mezi další rizikové faktory podmiňující vznik myopie spadá nízká porodní váha a předčasný termín porodu. Zejména v kombinaci s retinopatií nedonošených riziko pozdějšího vzniku u takto narozených dětí stoupá. Souvisí to s nedostatečně vyvinutým okem v době porodu, kdy má organismus tendenci tento hendikep dohnat urychleným růstem v několika prvních měsících života. [4, 9]

Na téma vzniku a progresu myopie je zveřejněno mnoho studií, ale je složité od sebe striktně oddělit jednotlivé podmiňující faktory, především životní styl a dědičnost. Vzájemně se jejich vlivy prolínají a tak nebude nejspíš nikdy možné přesně určit míru dopadu jednotlivých příčin.

1.4. KLASIFIKACE

Myopii lze klasifikovat různými způsoby, nejčastěji ji ale dělíme podle tří faktorů: dle dioptrické hodnoty, původu a progresu. V některých zdrojích je myopie klasifikována také podle období vzniku, v tomto textu ale zůstaneme u klasického dělení.

Dále existují speciální případy myopie – myopie prázdného pole, přístrojová myopie a noční myopie. Tyto typy myopie jsou podrobně rozebrány v následujících samostatných kapitolách.

1.4.1. DĚLENÍ PODLE DIOPTRICKÉ HODNOTY

Myopii nejčastěji dělíme do čtyř kategorií podle dioptrické hodnoty a to na lehkou, střední, vysokou a těžkou. *Lehká myopie* (myopia simplex) se pohybuje v hodnotách do -3,0 D. *Střední myopie* (myopia modica) v rozsahu -3,25 D až -6,0 D. *Myopie vysoká* (myopia gravis) spadá do rozsahu -6,25 D až -10,0 D. *Myopie těžká* (myopia degenerativa) je pak udávána nad -10,25 D. Poslední typ, myopie těžká, je velmi závažná, bývá progresivní a způsobuje nevratné degenerativní změny v oku. [1, 13]

Zejména u vysoké a těžké myopie je nutné sledovat vývoj vady a s tím spojené změny na sítnici a dalších očních strukturách. Pacienti by měli být edukováni o závažnosti jejich zdravotního stavu a všech rizicích z něj plynoucích.

1.4.2. DĚLENÍ PODLE PŮVODU

Dále lze dělit myopii podle původu. Rozlišujeme zde tři podkategorie: myopii axiální, kurvatorní a indexovou. Ať je již původ jakýkoliv, vždy dochází k posunutí ohniska před sítnici a tím znemožnění dokonalého ostrého vidění.

Myopie axiální, neboli osová, je způsobená nadměrnou předozadní délkou oka. Bývá to způsobeno nadměrným růstem oka v období emetropizace. Běžné emetropické oko má v průměru 24 mm, pokud je tato vzdálenost větší, lze předpokládat, že je oko myopické. Každý 1 mm navíc v délce oka navodí ve výsledné refrakci přibližně -3 D. Tento typ myopie se vyskytuje nejčastěji.

Dalším vzácnějším typem je *myopie kurvatorní*, neboli křivková. Ta vzniká zvýšeným zakřivením optických prostředí – rohovky nebo čočky. Nadměrné vyklenutí rohovky bývá způsobeno ektáziemi, obvykle se jedná o keratokonus. Čočka bývá extrémně vyklenuta ojediněle, vzniká pak tzv. lentikonus, ten může být přední nebo

zadní. K vyklenutí čočky dochází při těžké hyperglykémii u diabetu, kdy dojde k nabobtnání čočkové hmoty. Čočka se vyklene také při uvolnění závěsného aparátu, obvykle způsobeného zraněním. Při zvýšení zakřivení o 1 mm se změní výsledná optická mohutnost oka o -6 D.

Myopie indexová, neboli lomivá, bývá obvykle vyvolána kataraktou jádra čočky (tzv. nukleární katarakta). Dochází tím ke zvýšení lomivosti jádra čočky a celkové změně refrakce. Indexová myopie vzniká také na podkladě diabetu, kdy dochází ke kolísání obsahu vody v čočkových hmotách a poklesu indexu lomu čočky. Myopie vyvolaná diabetem dosahuje až -9 D. Změna indexu lomu sklivce a komorové vody změnu refrakce nevyvolává. [1, 5, 10]

1.4.3. DĚLENÍ PODLE PROGRESE

Podle progrese lze myopii dělit na dva základní typy, myopii stacionární a progresivní.

Myopie stacionární

Jak už z názvu vyplývá, stacionární myopie je relativně neměnná. Během života se refrakční stav mění jen pozvolna, progrese je pomalá a v určitém věku se vývoj vady zpravidla zastavuje. Myopii stacionární můžeme dále dělit podle období vzniku (kongenitální, školní a pozdní), nebo podle vlivu na oční struktury (fyziologická, intermediální).

Myopie kongenitální (vrozená) se projevuje již v prvním roce života. Nejčastěji se s ní setkáváme u předčasně narozených dětí. Obvykle bývá jednostranná, v kombinaci s amblyopií na postiženém oku. Ačkoli vada dosahuje vysokého počtu dioptrií (přes -10 D), nijak neprogreduje a zůstává stabilní. Vrozená myopie bývá často spojena s dalšími abnormalitami.

Velmi častá je tzv. *školní myopie*. Ta se objevuje na začátku školní docházky - mezi šestým až sedmým rokem. Vznik může být podmíněn zvýšenou prací do blízka. Pohybuje se do -6 D. Progrese bývá pozvolná (0,3 – 0,45 D za rok), během puberty se vývoj zpomaluje a po dvacátém roce se vada stabilizuje.

Pozdní myopie je méně častá a začíná se utvářet až kolem dvacátého roku života. Zpravidla nepřesahuje hodnotu -3 D. Progrese bývá opět velmi pomalá.

Myopie fyziologická bývá nižšího stupně, do -3 D. Jedná se o biologickou úchylku od normálního refrakčního stavu oka. Nedochozí při ní k degenerativním změnám jednotlivých očních struktur. Po dvacátém roce již obvykle neprogreduje.

Další relativně stacionární formou je tzv. *myopie intermediální*. U tohoto typu jsou již patrné anatomické změny na bulbu. Dochází k prodlužování axiální délky (25,5 – 32,5 mm), objevují se drobné změny na očním pozadí. Myopie se začíná projevovat od školního věku, proto bývá často zaměněna za myopii školní. Vada ovšem dosahuje vyšších hodnot, -5 až -10 D. Progrese ustává také kolem dvacátého roku. [1, 11]

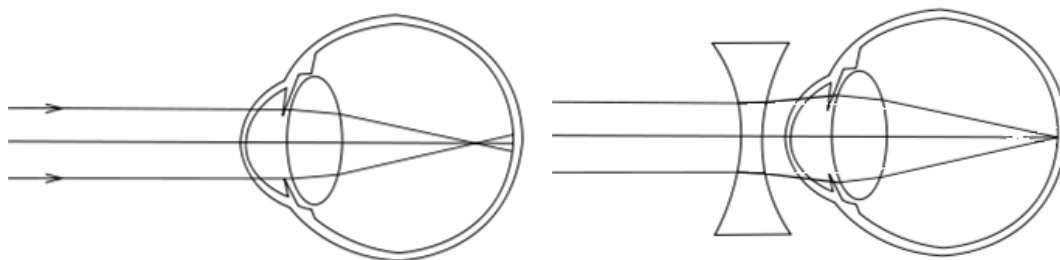
Myopie progresivní

Progresivní myopie tvoří pouze malou část myopií, významnou roli zde hraje zejména dědičnost a patologický postnatální vývoj. Jako příčina extrémní progrese je udávána nízká rezistence skléry, která ustupuje normálnímu nitroočnímu tlaku. Dochází k jejímu rozpínání a ztenčování u zadního pólu bulbu, zatímco přední segment je beze změn. Vlivem těchto změn se objevují degenerativní změny na sítnici, cévnatce i ve sklivci, je zde zvýšené riziko vzniku myopické makulární degenerace, nitroočního krvácení, retrakce sklivce a amoce sítnice. Až ve 25 % je vysoká myopie spojena s výskytem glaukomu. Pacienti s progresivní formou myopie musí být z těchto důvodů pod pravidelným lékařským dozorem.

Progrese vady bývá velmi rychlá, až -4 D během roku. Výsledná dioptrická hodnota může být -20 až -30 D. Ke stabilizaci vady dochází později, kolem třicátého roku. [1, 11]

1.5. KOREKCE

Jak již bylo zmíněno výše, myopii korigujeme rozptylnými (konkávními) čočkami s divergentním účinkem. Díky tomu se dostane ohnisko na sítnici, což je základní podmínka pro ostré vidění. (viz Obr. 5)



Obr. 5: Efekt rozptylné čočky u myopického oka [14 - upraveno]

Je nutné si uvědomit, že nekorigovaný myop nemá kromě zhoršeného vidění na dálku žádné obtíže, není ovšem zvyklý využívat akomodaci. Platí obecné pravidlo, že vždy korigujeme nejslabší rozptylkou, se kterou pacient již vidí ostře. Pokud zvolíme korekci slabší, nedosáhneme plné ostrosti. Pokud silnější, navodíme pacientovi hypermetropii a tím akomodaci i při pohledu do dálky, což může způsobit především astenopické obtíže a potíže se čtením. Nekorigovaný myop je běžně při pohledu na blízko zvyklý konvergovat bez akomodace, překorigováním jej tak nutíme k akomodování bez konvergence, s čímž má jeho binokulární systém problém. Čtení je pak nepříjemné, dochází k dvojení obrazu. V žádném případě tedy nesmíme myopa překorigovat. [1, 7]

Vždy je nutné provádět korekci detailně a ověřit ji v běžných podmínkách, zejména ověřit vhodnost dálkové korekce do blízka. Ideální je trvale nošená, plná subjektivně stanovená korekce. Ne vždy je však plná korekce pacientem snášena, právě z důvodu oslabené akomodace. Výslednou korekci tedy volíme individuálně dle pocitů pacienta. Zejména u menších vad (kolem -0,5 D), kdy za běžných světelných podmínek je vidění dostačující a pacient brýle odmítá, je vhodnou variantou pořízení korekce pouze do kina či na řízení, kde je vyžadováno perfektní vidění. Pokud je myopie střední a vznikla během školního období, má pacient obvykle možnost srovnání kvality vidění před vznikem vady s aktuálním stavem a brýle často vyžaduje, v tomto případě nebývá problém předepsat plnou korekci. V případě vysoké a progresivní myopie, především vzniklé v raném dětství, je akomodace velmi oslabena a plná korekce je zřídka kdy tolerována. Zde je tedy vhodné zvolit korekci slabší a pro nositele pohodlnou.

Zvláštním případem myopů jsou mladí presbyopové. Kromě zhoršeného vidění na dálku se potýkají i se začínajícím problémy do blízka. Dočasným řešením může být mírné oslabení korekce na dálku, se kterou jsou ale schopni pohodlného čtení. [1]

Při refrakci je vhodné pacienta vždy upozornit, že výsledný zrakový dojem s novou korekcí může být mírně odlišný. Kromě zaostření, což je žádaný účinek, dochází ke zmenšení obrazu. Platí, čím je dioptrická hodnota vyšší, tím bude výsledný obraz menší. Dochází také k mírnému zvětšení zorného pole, což je způsobeno optickou vlastností rozptylné čočky. [13]

Dlouho se vedly dohady, zda je nutné myopii korigovat plně. Běžnou praxí bylo, a stále v mnoha případech je, nechávat oči mírně podkorigované, jako prostředek ke zpomalení myopické progresi. Mnohé studie ale dnes tuto praxi vyvrací. Například studie z roku 2002 (Chung et al) prokázala, že ve skupině dětí s plně korigovanou

myopií došlo během 2 let k progresi o $-0,77$ D, zatímco ve skupině podkorigovaných dětí činila výsledná progresse $-1,0$ D. Dříve bylo také doporučováno, jako prostředek ke zpomalení progresse, sundávání brýlí při práci na blízko. Tento mýtus byl již v mnoha studiích také vyvrácen. [12]

Mimo klasickou brýlovou korekci dnes existují i jiné způsoby řešení myopie. Nejběžnější z nich jsou kontaktní čočky. Jejich výhodou je snadné korigování i vysoké vady nebo anizometropie (rozdílná refrakční vada na obou očích). Další možností jsou refrakční operace, ať již s využitím laseru (PRK, LASIK, atd.) nebo za pomoci nitroočních čoček. [1]

2 SPECIÁLNÍ TYPY MYOPIE

Jak již bylo výše zmíněno, existuje i několik specifických myopických stavů, pro které se postupem času vžily názvy: myopie prázdného pole, přístrojová myopie a noční myopie. Nyní se seznámíme s prvními dvěma typy. Noční myopii je věnována samostatná následující kapitola.

2.1. MYOPIE PRÁZDNÉHO POLE

Za běžných fotopických podmínek máme v centrálním zorném poli množství detailů, na které se náš zrakový systém zaměřuje a které vhodně stimulují akomodaci. Pokud dojde k úplné absenci těchto podnětů, dochází k zapojení tonické (klidové) složky akomodace. Oko pak má tendenci zaostřit na vzdálenost přibližně 2 – 3 metry před sebe a stává se mírně myopickým. Jev je nazýván myopií prázdného pole (empty field myopia), v některých zdrojích se objevuje také pojem prostorová myopie (space myopia).

K tomuto jevu dochází při delším pohledu na tzv. prázdné pole – monotónní pozadí s velmi sníženým kontrastem. Nejčastěji se jedná o jasnou modrou oblohu bez mraků. Dále může vznikat za husté mlhy, oparu nebo při pohledu na rozsáhlejší monotónní světlou plochu, například zeď, sníh, písek či vodní plochu. V literatuře je často zmiňována jako jedna z podmínek vzniku myopie prázdného pole také velmi tmavá noc bez hvězd. Za skotopického vidění také dochází k myopickému posunu, ale zrakový systém je navíc ovlivněn dalšími jevy, výsledkem je tzv. noční myopie, která je podrobně popsána v následující samostatné kapitole. [15, 16]

K myopickému posunu dochází přibližně po 10 či více vteřinách pohledu na prázdnou plochu a posun je udáván v rozmezí 1 - 2 D. Posun bývá obvykle krátkodobého charakteru. [2]

Kromě navození tonické akomodace ovlivňuje vznik myopie prázdného pole také velikost zornice. Za horších světelných podmínek dochází k jejímu rozšíření a tím ke zmenšení hloubky ostrosti našeho vidění. Pro oko je pak velmi namáhavé správně zaostřit a nastává mírný myopický posun, kdy oko opět zaostřuje přibližně na vzdálenost 2 – 3 metry.

Díky výslednému posunu bodu zaostření blíž před oko vzniká omezené zorné pole. Pokud do tohoto prostoru vstoupí nějaký objekt, je obtížné přesně určit jeho vzdálenost a velikost. Mimo toto omezené zorné pole je detekce objektů opožděná.

Myopie prázdného pole je hojně diskutována v letectví. Piloti, zejména ve větších výškách, se s ní setkávají poměrně často. Při pohledu na monotónní pozadí bez kontrastních prvků není zrakový systém schopen udržet vzdálené předměty zaměřené ve správné vzdálenosti. Dochází tak k problematickému odhadu vzdálenosti a velikosti, což může zapříčinit kolizi s jiným letadlem nebo terénní překážkou. Je proto velmi rizikové létat, když je obloha bez jakýchkoliv meteorologických prvků, v mlze, za velmi tmavé noci. Riziko vzniká také při nižších přeletech nad zemí zcela pokrytou sněhem, pískem nebo větší vodní plochou bez jakýchkoliv vizuálních referenčních bodů.

Piloti by o tomto jevu měli být velmi dobře edukováni a poučeni, jak se za těchto vizuálních podmínek zachovat. Je doporučeno létat nad vrstvami mlhy či kouře, používat jako referenční body křídla vlastního letounu a je nutné více využívat periferní vidění k detekci pohybujících se objektů. [15, 16]

2.2. PŘÍSTROJOVÁ MYOPIE

Dalším zmíněným typem myopie je tzv. přístrojová myopie (instrumental myopia). Vzniká při dlouhodobém pohledu do optických přístrojů, jako je mikroskop, dalekohled, atd. Hodnota přístrojové myopie se obvykle pohybuje v rozsahu -1 až -2 D, ale byly naměřeny hodnoty v rozmezí od -0,5 do -5 D. Hodnoty myopického posunu se v rámci jednotlivých studií mírně liší. [2]

Myopie v tomto případě vzniká na podkladě nadměrné akomodace. Na vzniku se podílí limitované zorné pole vstupní pupilou okuláru, dále uvědomění si vzdálenosti pozorovaného objektu (vliv proximální akomodace) a nevhodné nastavení optického přístroje. Pokud například není vhodně nastavena pupilární distance (PD) mohou oči nadměrně konvergovat, což navodí výše zmíněnou nadbytečnou akomodaci.

Účinek přístrojové myopie bývá obvykle krátkodobý. Pokud jsou ale optické přístroje používány denně (např. u mikrobiologických asistentů, vědeckých a lékařských pracovníků, astronomů), může menší stupeň této myopie přejít ve stálou formu.

Je prokázáno, že osoby používající optické přístroje již delší dobu, trpí přístrojovou myopií méně, než nezkušení začátečníci. To může souviset především se zkušenostmi a s nevhodným nastavením přístroje. Zejména osoby, pro které je práce s optickými přístroji denní rutinou, by tedy měly dbát přesného individuálního nastavení daného přístroje. Tím je myšleno správné nastavení PD, měřicí stupnice nastavená na naši dioptrickou hodnotu korekce, vhodné osvětlení a zvětšení pozorovaného objektu. U monokulárních optických přístrojů není vhodné nepoužívané oko zavírat či zakrývat,

mělo by se naopak zaměřit na vzdálenější předmět. Binokulární přístroje jsou tak vhodnější. Důležité je také příliš neměnit během pozorování polohu hlavy. Cílem tohoto nastavení je uvolněný akomodační stav. [17]

3 NOČNÍ MYOPIE

Již v dávné minulosti bylo známo, že za horších světelných podmínek je vidění méně kvalitní než při dobrém osvětlení. Tento fenomén byl zkoumán a bylo zjištěno, že za slabého osvětlení dochází k posunu ohniskové sítnicové vzdálenosti a tím k myopizaci oka. Již v roce 1789 anglický astronom Nevil Maskelyne zjistil, že při pozorování noční oblohy se hvězdy zaostří a vidění zlepší při použití slabé rozptylné čočky. Někdy je za objevitele noční myopie považován Lord Rayleigh, který roku 1883 učinil stejný objev, použil pro zlepšení zrakové ostrosti při slabém osvětlení brýlovou korekci o hodnotě $-1,0$ D. [2, 18]

Samotný název noční myopie (night myopia, nocturnal myopia) má svůj původ ve vědecké práci dvou španělských badatelů – Otera a Durána, kteří se tímto fenoménem zabývali intenzivněji. Ačkoliv z názvu vyplývá, že se tato myopie projevuje v noci, k myopickému posunu dochází již při osvětlení, které nám umožňuje ještě zřetelné vidění, jako hraniční jas je udávána $0,03 \text{ cd/m}^2$. V noci jsou ovšem projevy zřetelnější. Výsledná hodnota refrakce se mění v rozsahu $0,5 - 4,0$ D směrem k myopii, hodnoty se v různých zdrojích literatury mohou mírně lišit. Obecně se posun udává okolo $0,75 - 2,0$ D, opět v závislosti na použité literatuře. Rozdílná dioptrická hodnota u jednotlivých studií je zapříčiněna rozdílnými vyšetřovacími metodami, stupněm osvětlení a skupinou měřených subjektů. [1, 19]

Dnes je nám již známo, že se na vzniku noční myopie podílí několik faktorů, ale jejich přesný poměr působení není stále zřejmý. Proto probíhají další výzkumy, které se snaží objasnit přesnou příčinu a mechanismus vzniku.

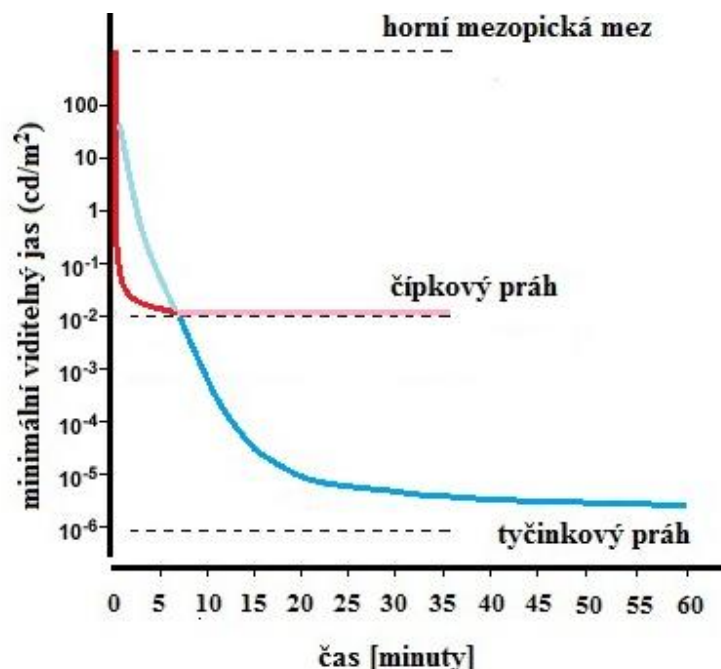
3.1. ADAPTACE NA TMU

Na úvod je nutné vysvětlit několik základních pojmů: vidění fotopické, skotopické a mezopické. Vidění za světla, neboli *fotopické*, je zprostředkováno čípkami, ty jsou umístěny v centrální části sítnice. Umožňují nám detailní a barevné vidění za dobrých světelných podmínek. Mezní hodnota jasu pro fotopické vidění je 10^{-2} cd/m^2 . Noční vidění je označováno jako *skotopické* a nastává od hodnoty jasu 10^{-2} cd/m^2 . Čípkami při poklesu osvětlení pod tuto hodnotu již nereagují, jejich funkce se proto za tmy ujímají tyčinky, které jsou distribuovány zejména v periférii sítnice. Je omezeno barevné vidění i rozlišování detailů, ale dostačuje nám mnohem menší světelná intenzita pro dobrou orientaci v prostoru. Mezistupněm mezi fotopickým a skotopickým viděním

je tzv. *mezopické* vidění ($10^{-2} - 10^0 \text{ cd/m}^2$). To využíváme za šera a je kombinací jak částečného využívání čípků, tak tyčinek. [2, 20]

Vzhledem k tomu, že noční myopie se vyskytuje za tmy, je nutné vysvětlit, co se v oku děje při poklesu světelné intenzity. Při přechodu ze světla do tmy nejsme zpočátku schopni vidět téměř nic, ale s přibývajícím časem se vidění zlepšuje, rozlišujeme detaily a jsme schopni se orientovat. Schopnost zrakového přizpůsobení se těmto podmínkám se nazývá adaptace na tmu.

Adaptaci na tmu nejlépe popisuje adaptační křivka, která je znázorněna na Obr. 6. Ta zobrazuje závislost prahového jasu sítnice na čase. Prahový jas je nejnižší hodnota jasu, kterou je oko v daném okamžiku schopno vnímat. Běžný rozsah jasu, který oko vnímá, je $10^{-6} - 10^6 \text{ cd/m}^2$. Z adaptační křivky je patrné, že k adaptaci dochází ve dvou fázích. První fáze je velmi rychlá, trvá jen několik minut a jsou při ní zapojeny pouze čípky. Citlivost sítnice se během této fáze zvyšuje přibližně 100x. Od úrovně jasu 10^{-2} cd/m^2 již čípky nereagují, využívány jsou nadále jen tyčinky, které reagují na změnu jasu pozvolněji. Nastává tak druhá, delší a pomalejší fáze. Citlivost se během ní ovšem zvýší až 100 000x. K úplné adaptaci na tmu dochází přibližně po 40 - 60 minutách, u některých osob je plné adaptace na tmu dosaženo ještě později. [2, 5, 21]



Obr. 6: Adaptační křivka [22- upraveno]

Bylo pozorováno, že noční myopie se ve své plné hodnotě objevuje až po 20 minutách adaptace na tmou, ačkoliv k dilataci zornice dojde ihned při poklesu okolního osvětlení, což má okamžitý efekt na projev sférické a chromatické aberace (podrobnější vysvětlení se nachází v dalších kapitolách). Je proto zřejmé, že při vzniku noční myopie je důležitým faktorem také aktuální stav adaptace sítnice na tmou. [2]

3.2. SYMPTOMY

Již z názvu noční myopie je zřejmé, že hlavním symptomem je zhoršené vidění na dálku za tmy. Dochází ke snížení zrakové ostrosti za podmínek s nižší světelnou intenzitou i přes nošení vhodné brýlové korekce. Výsledný viděný obraz je neostrý, barvy jsou méně intenzivní, zašedlé, detaily jsou rozmazané. Chybí zde přesné ohraničení okrajů, obrysy jsou obtížně rozlišitelné. Velké obtíže činí především rozeznávání kulatých světelných objektů – například reflektory aut, pouliční osvětlení. Z těchto objektů obvykle vystupují světelné paprsky v nepravidelných směrech, lze pozorovat „halo“ efekt. Výsledný vjem je velmi nepříjemný, rušivý, dochází k nadměrné únavě očí. [19]



Obr. 7: Zrakový vjem při noční myopii [23]

Dále dochází k zúžení akomodační šíře. Daleký bod se posouvá blíž k oku a současně se od oka mírně vzdaluje blízký bod. Noční myopie dosahuje vyšších hodnot u mladých lidí, což souvisí s větší velikostí zornice a především s akomodací. Je obecně známo, že po čtyřicátém roce života dochází k poklesu amplitudy akomodace. Noční myopie u lidí po padesátém roce života tak nabývá velmi malých hodnot (obvykle do 0,5 D) a je zapříčiněna především chromatickou aberací, Purkyňovým jevem a mírně sférickou aberací, ačkoliv její efekt je s věkem taktéž redukován poklesem velikosti zornice [1, 2]. Jednotlivé příčiny jsou podrobně vysvětleny v následující kapitole.

Je obecně známo, že myopové vidí v noci hůře než emetropové či hypermetropové. Může se proto zdát, že se u nich noční myopie projevuje více. Je to ovšem jen zdánlivé, vysvětlení je nutné hledat jinde. V případě myopů se velmi často stává, že jejich korekce není plná. Při denním osvětlení je zraková ostrost dostatečná jen díky zúžené zornici, za šera se pak sečte efekt noční myopie a neúplné korekce. Proto nelze myopa, byť velmi nízkého stupně, v žádném případě nechat řídit v noci bez předepsané korekce. [1]

3.3. PŘÍČINY VZNIKU

Oko jako optický systém je značně nedokonalé, má spoustu vad, přičemž za běžného denního osvětlení jsou tyto nedokonalosti fyziologicky a psychologicky kompenzovány. Za nižšího stupně osvětlení není tento systém dokonale vyvážen, vady se začínají výrazněji projevovat a vzniká noční myopie.

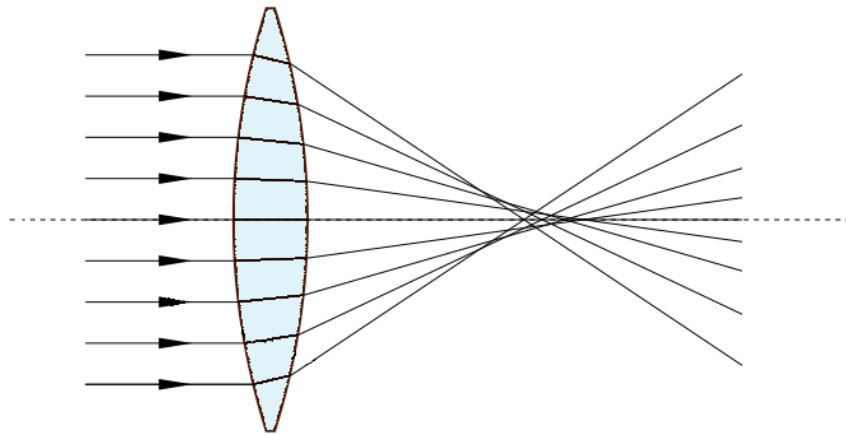
Jednotná příčina vzniku noční myopie neexistuje. Na jejím vzniku se spolupodílí několik faktorů. Jedním z nich je sférická aberace úzce související s velikostí zornice. Udává se, že noční myopie se vyskytuje u zorniček větších než 2 mm, u zornic menších je možné sledovat vliv difrakce. Dále zde svou roli hraje chromatická aberace a posun citlivosti fotoreceptorů k jiným vlnovým délkám za skotopických podmínek, tu popisuje tzv. Purkyňův jev. Za sníženého osvětlení dochází k absenci vizuálních podnětů a není vhodně stimulován akomodační mechanismus, proto i akomodace je významným faktorem podmiňujícím vznik noční myopie. [1, 2] Tyto uvedené příčiny jsou podrobně vysvětleny v následujícím textu, přičemž mírou jejich jednotlivého vlivu se zabývá studie uvedená v kapitole 3.4.4. – Přístrojové měření [24]. Z té vyplývá, že největší vliv zde má akomodace, další příčiny hrají zanedbatelnou roli.

Další zdánlivou příčinou vzniku noční myopie může být nedokorigovaná myopie či překorigovaná hypermetropie. Výsledná hodnota myopického posunu může být v těchto případech falešně vysoká.

3.3.1. SFÉRICKÁ ABERACE A VLIV VELIKOSTI ZORNICE

Sférická aberace, neboli otvorová vada, je jednou z monochromatických aberací, které se v oku běžně vyskytují. Jedná se o odchylku, kdy se světelné paprsky lámou více na okraji kulové optické plochy, než v blízkosti optické osy. Periferní zóna optického systému je tak více myopická než centrální oblast, jednotlivé části optické plochy mají

různé ohniskové vzdálenosti. Jednoduché schéma sférické aberace je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obr. 8: Sférická aberace

Tato aberace způsobuje, že bod po průchodu optickou soustavou s touto vadou se nezobrazí jako bod, ale jako kruhová plocha. Výsledkem je měkčí kresba obrazu, detaily nelze přesně zaostřit.

Sférická vada v oku je částečně neutralizována rohovkou, čočkou a zornicí. Rohovka není dokonale kulová plocha, do periferie se oplošťuje, sférická aberace je zde redukována menším periferním zakřivením. Jádru čočky má mírně vyšší index lomu ve srovnání s cortexem, díky čemuž je lomivější. Větší efekt zde ale hraje velikost zornice. Ta mění svou velikost v závislosti na intenzitě okolního osvětlení a má tak funkci clony. Při zúžení zornice tak dochází ke zmírnění projevu sférické aberace. [18, 20]

Normální fyziologická šíře zornice se pohybuje za fotopických podmínek mezi 2 – 5 mm v závislosti na mnoha faktorech. Nejvíce je ovlivněna intenzitou okolního osvětlení, následně věkem, barvou duhovky a refrakční vadou. S věkem velikost zornice úměrně klesá, z tohoto důvodu je vliv sférické aberace větší především u mladých jedinců. Širší zornice mívají osoby se světle zbarvenými duhovkami a myopové, zde je třeba hledat důvod ve slaběji vyvinutém ciliárním svalu. Dále může být velikost zornice ovlivněna psychosenzorickými podněty, stavem adaptace sítnice, vegetativním tonusem. Zornice se zužuje také při pohledu do blízka, což souvisí s akomodací a konvergencí.

Jak již zde bylo zmíněno, klíčová je intenzita osvětlení. Při běžném denním osvětlení je pupila zúžená (miotická) a neprůchodná pro zkreslené periferní paprsky.

Sítnice se tak brání nadměrnému oslnění, využívány jsou především čípky pro barevné vidění v centrální oblasti sítnice. Za mezopických a skotopických podmínek je konstrikce pupily uvolněna a dojde k rozšíření zornice (mydriáze). U některých jedinců dosahuje zornice ve tmě až 7 mm. Světelné paprsky tak dopadají i na periferní část sítnice s tyčinkami pro skotopické vidění.

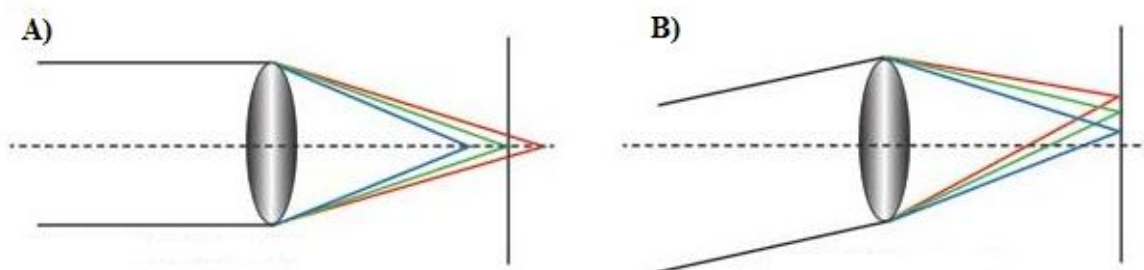
Udává se, že pokud je velikost zornice nad 5 mm (skotopické vidění), má již vliv na projev aberací v optickém systému. Během dne je tak díky výše popsanému principu sférická aberace přirozeně korigována miotickou zornicí. Za tmy, po rozšíření pupily nad hranici 5 mm, se sférická aberace projeví ve svém plném účinku. [20, 25]

3.3.2. CHROMATICKÁ ABERACE A PURKYŇŮV JEV

Viditelné bílé světlo je směsí mnoha paprsků s různou vlnovou délkou (380 – 760 nm). Chromatická, neboli barevná vada, vzniká na podkladě skutečnosti, že paprsky s rozdílnou vlnovou délkou nejsou ve stejném prostředí stejně lomivé. Rozlišujeme chromatickou vadu polohy a velikosti.

Chromatická vada polohy vzniká z důvodu, že krátkovlnné paprsky (modré světlo) jsou více lomivé než dlouhovlnné (červené světlo). Ohniska pro různé barvy se tedy v oku tvoří v různé vzdálenosti od rohovky. Oko je tak pro modré paprsky myopické (ohnisko se vytváří před sítnicí), pro červené paprsky hypermetropické (ohnisko se vytváří za sítnicí) a emetropické je pouze pro žluté světlo (550 nm), které je fokusováno na sítnici. [20]

Chromatická aberace má vliv také na velikost obrazu, vzniká chromatická vada velikosti. Je-li předmět stranou od optické osy, jsou obrazy tvořené krátkovlnnými paprsky menší, než obrazy tvořené paprsky dlouhovlnnými. Vzhledem k poloze žluté skvrny – místa nejostřejšího vidění poněkud stranou od optické osy, dochází tímto k částečné neutralizaci vlivu chromatické aberace. [20]



Obr. 9: A) Chromatická vada polohy, B) Chromatická vada velikosti [26- upraveno]

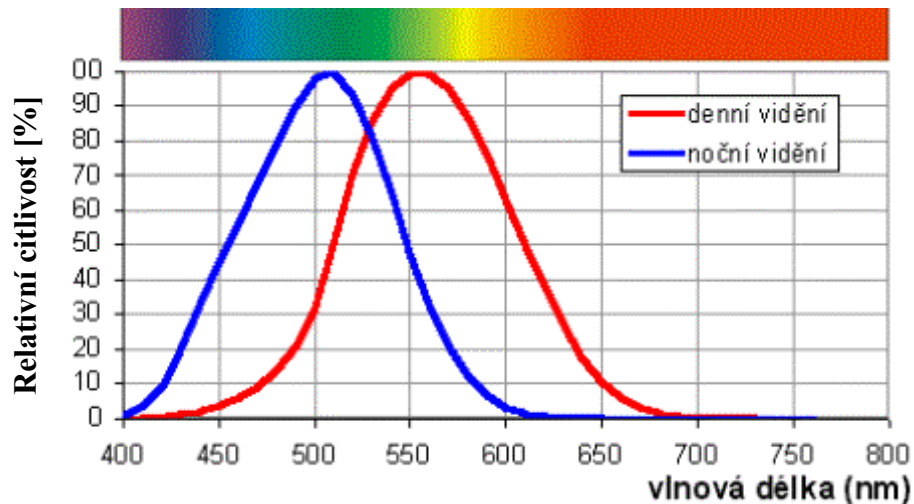
Pozorovaný obraz je tedy ovlivněn jak chromatickou vadou polohy, tak velikosti. Vzhledem k chromatické vadě polohy se v předmětovém prostoru vytvoří spektrum barevných obrazů odpovídající daným vlnovým délkám. Chromatická vada velikosti způsobuje, že tyto odlišně barevné obrazy jsou navíc nestejně velikosti. Výsledný obraz je tak rozostřen. [1]



Obr. 10: Zrakový vjem způsobený chromatickou aberací [27]

Projevy chromatické vady jsou opět závislé na velikosti zornice. Za fotopických světelných podmínek je zornice zúžená a světlo tak dopadá pouze na velmi malou plochu sítnice. Oko je zaostřeno tak, že nejintenzivnější paprsky žluté barvy tvoří nejostřejší obraz, paprsky s kratší a delší vlnovou délkou tvoří obrazy o velmi malé intenzitě. Pokud se zornice rozšíří, jsou obrazy tvořené těmito okrajovými vlnovými délkami více zřetelné, obraz je více rušen. [1]

S chromatickou aberací úzce souvisí tzv. Purkyňův jev, ten podmiňuje vznik noční myopie více, než samotná barevná vada. Jedná se o posun relativní citlivosti oka ke kratším vlnovým délkám za snížených světelných podmínek. Maximální citlivost se postupně přesouvá z 550 nm za fotopických podmínek k vlnovým délkám okolo 505 nm do modré oblasti světelného spektra při skotopických podmínkách (viz Obr. 11). Do zrakového procesu jsou totiž díky adaptaci na tmou a rozšířené zornici více zapojeny tyčinky, funkce čípků je utlumována. Tento fenomén ve spojení s chromatickou aberací tak způsobuje, že oko se stává za horších světelných podmínek myopickým. [2, 18]



Obr. 11 : Relativní citlivosti fotoreceptorů při fotopickém a skotopickém vidění [28]

Chromatická aberace ve spojení s Purkyňovým jevem tvoří jen malou část z celkové změny refrakce při noční myopii. Byly prováděny mnohé studie s využitím monochromatického světla, aby se vliv této aberace zcela potlačil, a výsledky se shodně pohybují v rozmezí 0,25 – 0,5 D z celkové hodnoty noční myopie okolo 2,0 D. [18, 24]

3.3.3. AKOMODACE

Akomodace je schopnost oka měnit svou optickou mohutnost v závislosti na vzdálenosti pozorovaného předmětu. Oko mění svou optickou mohutnost díky kontrakci ciliárního svalu a uvolnění závěsného zonulárního aparátu, tím dojde ke změně zakřivení oční čočky a její lomivosti. Díky tomuto procesu je možné vidět ostře předměty v různé vzdálenosti.

Schopnost akomodace není celý život stejná, s věkem dochází k jejímu postupnému úbytku vlivem atrofie ciliárního svalu a změnou pružnosti a velikost oční čočky. Udává se, že redukce amplitudy akomodace je průměrně 0,25 D za rok. Po 65. roce života je již akomodace téměř nulová. [2]

Akomodace vzniká souhrou několika složek, které její optimální fungování podmiňují. Tyto složky akomodace lze dělit na složku proximální, konvergenční, reflexní, volní a tonickou. Proximální akomodace je ovlivněna odhadem vzdálenosti pozorovaného předmětu. Konvergenční akomodace je navozena konvergencí očí na danou vzdálenosti. Akomodace reflexní je reakcí na rozmazaný obraz a akomodace volní je schopnost navodit akomodaci vlastní vůlí. Tonická akomodace je zbytkový stav bez akomodačních podnětů. [2, 5, 9]

Složka tonické (klidové) akomodace je pro noční myopii klíčová. Nastává při absenci zrakových stimulů, kdy oko není ovlivněno vzdáleností ani rozmazáním pozorovaného objektu. Tyto podmínky jsou v noci za snížené světelné intenzity velmi časté, obvykle jsou zřetelné pouze světelné zářící objekty, které nejsou dostatečným stimulem pro vyvolání ostatních složek akomodace. Akomodace je za těchto podmínek navozená pouze klidovým tonusem ciliárního svalu, oko je zaostřeno na vzdálenost přibližně 2 – 3 m před sebe. Objekty ve větší vzdálenosti se jeví rozmazané, neostré a oka se tak stává myopickým. U mladého oka dosahuje hodnota klidové akomodace 1 – 2 D, s věkem tato hodnota klesá úměrně s poklesem amplitudy akomodace. U starších osob tak noční myopie vzniká především na podkladě vlivu sférické a chromatické aberace. [2, 5]

Vliv akomodace na noční myopii byl již mnohokrát zkoumán a ověřen například pomocí jednoduchého testu s využitím atropinu. Po takto navozeném ochrnutí akomodace došlo vždy k výraznému snížení hodnoty noční myopie, někdy k úplnému vymizení. Proto je akomodace udávána jako její hlavní příčina. [20]

3.4. MOŽNOSTI VYŠETŘENÍ

Pokud přijde pacient k oftalmologovi či optometristovi a stěžuje si na problémy s viděním v noci, je dnes běžnou praxí pouze stanovení subjektivní refrakce, případně zkontrolování binokulárních funkcí, a předepsání vhodné brýlové korekce na dálku. Vyšetření ovšem probíhá v dobře osvětlené místnosti a nejsou tak zohledněny podmínky, za kterých má daný pacient zrakové obtíže. Takto stanovená korekce je samozřejmě také velmi přínosná, protože korekce vlastní refrakční vady je vždy základem pro ostré vidění a pacient odchází obvykle spokojen.

Dnes již ale víme o jevu noční myopie, a jak ovlivňuje náš zrak. Proto bychom se v anamnéze měli detailněji zaměřit na pacientovy obtíže v noci. Zejména pokud si na zhoršené vidění za tmy stěžuje aktivní řidič, je velmi vhodné provést test na noční myopii a při pozitivním nálezu pak doporučit korekci přímo pro dané světelné podmínky.

Noční myopie je obvykle vyšetřována a měřena pomocí jednoduchého zrakového testu (tzv. White point test) [19]. Je také možné využít přístrojového měření, to se ale zatím v praxi příliš neuplatňuje, spíše na úrovni experimentálních studií [24]. Základem je ovšem, jako při jakémkoliv jiném zrakovém vyšetření, podrobná anamnéza

a stanovení objektivní a subjektivní refrakce na dálku za běžného denního osvětlení. Subjektivní refrakce je klíčová pro určení výsledného myopického posunu.

3.4.1. ANAMNÉZA

Pokud máme optimálně vyšetřit noční myopii, je třeba začít u anamnézy. Tu je vhodné zaměřit na pacientovy zrakové obtíže za snížených světelných podmínek. Snažíme se odhalit symptomy spojené s noční myopií. Mezi typické příznaky, na které si pacient může stěžovat, je zhoršené a rozmazané vidění za snížené viditelnosti, ve srovnání s denními podmínkami. Problémy nastávají za šera, mlhy, při dešti či sněžení, za tmy apod. Kolem světél se objevují kruhy, tzv. „halo“ efekt a vystupují z nich více či méně pravidelné světelné paprsky. Pokud se jedná o řidiče, směřujeme otázky na viditelnost dopravního značení, oslnění od protijedoucích vozidel, rychlost/ opoždění ve schopnosti rozlišit nerovnosti na silnici.

Obvykle nám pacient ihned neřekne, co konkrétního jej obtěžuje. Je proto nutné pozorně naslouchat všemu, co nám pacient sděluje a klást pomocné otázky pro ujasnění obtíží. Důležité je také zjistit, zda pacient netrpí nějakým očním či celkovým onemocněním.

3.4.2. STANOVENÍ OBJEKTIVNÍ A SUBJEKTIVNÍ REFRAKCE

Vzhledem k tomu, že noční myopie nabývá zpravidla relativně malých hodnot, každá $\frac{1}{4}$ dioptrie hraje významnou roli. Proto je stanovení odpovídající refrakce zcela klíčové pro správné určení myopického posunu u noční myopie. Pokud není refrakce změřena přesně, nelze předpokládat, že bude výsledná hodnota noční myopie odpovídat skutečnému stavu.

Ideální postup pro stanovení refrakce zahrnuje objektivní a subjektivní měření. *Objektivní refrakce* slouží ke zhodnocení optického systému oka a zejména k urychlení následující subjektivní refrakce. Pro měření je možné využít několik přístrojů, v závislosti na vybavení pracoviště. Nejčastěji je dnes používán autorefraktometr v různých podobách, dále lze využít skiaskop, keratometr, keratograf nebo specializovaný aberometr (např. iProfiler). Všechny tyto přístroje dokážou ze zakřivení optických ploch a axiální délky oka vypočítat danou refrakci oka. Tato doporučená hodnota ale musí být vždy zkontrolována při subjektivní refrakci, neboť přístrojové měření může vyvolat akomodaci a ne všechny přístroje jsou dokonale přesné. [7, 29, 30] Pokud pro změření objektivní refrakce využíváme aberometr, získáme navíc údaje

o jednotlivých očních aberacích – nižšího i vyššího řádu. Můžeme tedy přihlídnout k velikosti sférické aberace, která, jak již víme, je jednou z příčin vzniku noční myopie, i k ostatním aberacím vyšších řádů. Lze totiž předpokládat, že při větším výskytu aberací vyšších řádů v oku, bude vidění za tmy subjektivně pro pacienta horší, právě z důvodu rozšíření zornice a plném dopadu vlivu aberací na vidění.[31]

Následuje stanovení *subjektivní refrakce*. To probíhá za přirozených podmínek ideálně denního osvětlení, na vzdálenost 5 až 6 m. Pacient je pohodlně usazen a má přirozené držení hlavy. K měření se využívá zkušební obruba, sada zkušebních čoček a optotyp. Při měření se nejprve provede monokulární vyšetření obou očí, následuje binokulární část včetně jemného dokorigování a vyvážení. Možnou alternativou ke zkušební obrubě a sadě čoček je použití foropteru, který opět celé vyšetření urychlí. Je ovšem nutné výslednou korekci ověřit v běžné zkušební obrubě. [7, 9, 29]

Podrobný popis celého postupu měření refrakce je pro potřeby tohoto textu nadbytečný. Detailnější informace je možné dohledat v některé z publikací uvedených v seznamu použitých zdrojů a literatury [1, 2, 9, 29].

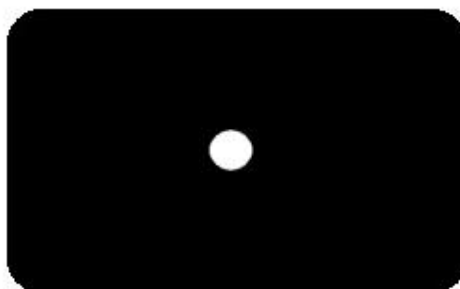
3.4.3. WHITE POINT TEST

K měření noční myopie je standardně využíván tzv. White point test. Název se do češtiny obvykle nepřekládá, pokud bychom tak ale měli učinit, jednalo by se o „Test s využitím bílého bodu“. Samotný test je poměrně jednoduchý, vyžaduje ovšem delší časový prostor pro jeho uskutečnění.

Základem pro toto měření je stanovení subjektivní refrakce na dálku za běžného osvětlení. Poté zůstává pacient po dobu 20 minut ve tmě a adaptuje na danou hodnotu jasu. Je důležité, aby v zatemněné místnosti nebyly žádné rušivé světelné zdroje. Tato adaptace je pro pacienta i vyšetřujícího poměrně diskomfortní a zdlouhavá. Z předchozího textu vyplývá, že k plné adaptaci na tmu dochází až po hodině, ale z adaptační křivky je možné jednoduše vyčíst, že již po 20 minutách dochází k dostatečné adaptaci sítnice na dané světelné podmínky. Navíc je nutné počítat s tím, že při následujícím vyšetření je používán světelný optotyp a adaptace na nižší hodnotu jasu než je při vyšetření je tak zbytečná.

Po uplynutí požadované doby je pacientovi představen na optotypu White point test. Jedná se o test s využitím negativního kontrastu - bílý bod uprostřed černého pozadí (viz Obr. 12). Je nutné zvolit vhodný optotyp, ideálně s LCD displejem, který má tento test v sobě již zabudován. V případě, že originální White point test nemáme,

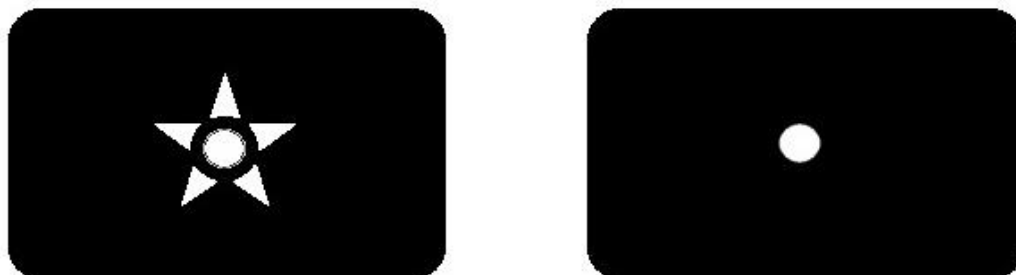
lze využít alternativních znaků, např. samostatné písmeno O. Použitím těchto alternativních znaků se zabývá praktická část této práce. Při vyšetření by neměl být v místnosti jiný zdroj světla než optotyp, zejména je podstatné, aby nebylo žádné rušivé osvětlení v okolí testu. [19]



Obr. 12: White point test

Pacient je následovně vyzván, aby binokulárně pozoroval bílý bod. Vše probíhá s nasazenou korekcí na dálku. Pokud je noční myopie přítomna, pacient nevidí bílý bod ostře, ale kolem jeho okraje lze pozorovat stín, mírnou záři a rozostření. Z bodu mohou vystupovat světelné paprsky v různých směrech.

V případě, že pacient vidí bílý bod neostrý, vkládáme do zkušební obruby binokulárně rozptylné čočky v krocích po 0,25 D. Zrakový vjem by se měl pacientovi postupně se zvyšující se dioptrickou hodnotou zaostřovat. Jako výsledná hodnota je brána nejnižší rozptylka, se kterou již pacient vidí bílý bod s dokonale ostrými okraji, světelný kruh kolem něj je eliminován. Finální hodnotu je možné ověřit přidáním další -0,25 D, pozorovaný obraz se mírně zmenší. Obvyklá hodnota takto získané korekce se podle většiny studií pohybuje v rozmezí -0,25 až -0,75 D u osob v presbyopickém věku. [19]



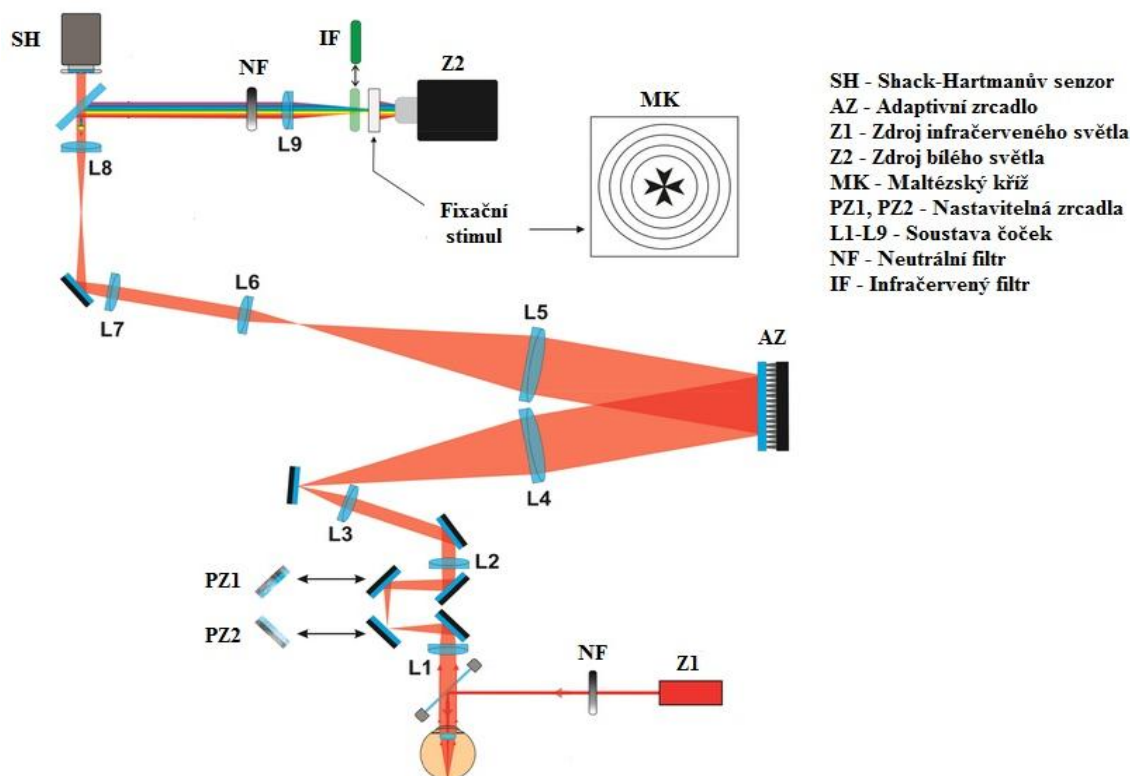
Obr. 13: Zrakový vjem White point testu před a po korekci

U některých jedinců po předložení korekce nedochází k žádnému zlepšení, může naopak dojít ke zhoršení vidění. Je možné dokonce preferovat předložení slabých plusových hodnot korekčních čoček. Výsledná hodnota korekce je proto vždy striktně individuální. [19]

3.4.4. PŘÍSTROJOVÉ MĚŘENÍ

Výše uvedená metoda „White point test“ měří pouze velikost myopického posunu. Byla proto vyvíjena snaha vytvořit metodu pro určení noční myopie, která by dokázala rozlišit jednotlivé příčiny. V roce 2012 tak proběhla ve Španělsku studie, která k určení velikosti noční myopie a stanovení vlivu jednotlivých faktorů podmiňující její vliv použila přístrojovou adaptivní optiku s využitím Badalova optometru [24].

Badalův optometr je subjektivní optometr s jednoduchou konstrukcí. Skládá se z jedné spojné čočky, která slouží jako objektiv, a z pohyblivé testové značky. Cílem je, aby vyšetřovaná osoba přesunula pohyblivou testovací značku do polohy, kdy je viděna ostře. Z této polohy je možné určit refrakci oka. V uvedené studii byl použitý optometr mírně modifikován, jeho schéma je zobrazeno na Obr. 14. Obsahuje prvky adaptivní optiky- Shack-Hartmanův senzor (SH), deformovatelné adaptivní zrcadlo (AZ) a zdroj infračerveného záření (Z1) o vlnové délce 1050 nm, jako testovací značka byl použit Maltézský kříž (MK). Testovaná osoba pak nastavuje pozici dvou zrcadel (PZ1, PZ2) optometru tak, aby byla testovací značka subjektivně zaostřena.



Obr. 14: Schéma modifikovaného Badalova optometru [24 - upraveno]

Uvedený optometr dokáže měřit oční aberace a v reálném čase pak korigovat sférickou aberaci daného oka. Dále díky využití infračerveného záření je možné provést měření za kontrolovaných světelných podmínek daného jasu, jas a barva testovací značky mohou být taktéž upravovány dle potřeby.

Do studie bylo zapojeno 8 probandů s normálním zrakem, věkový rozsah byl 24 až 49 let. Průměrná sférická vada činila -1,25 D a astigmatismus -0,25 D. Měření bylo prováděno v podmínkách od přirozeného denního osvětlení o hodnotě jasu cca 20 cd/m^2 až po skotopické podmínky o jasu $22 \cdot 10^{-6} \text{ cd/m}^2$. Při experimentu byly použity monochromatické i polychromatické zdroje světla pro určení vlivu chromatické aberace. Nastavení adaptivního zrcadla upravovalo sférickou aberaci, mohlo být nastaveno jak pasivně, tak pro aktivní korekci sférické aberace. Experiment byl opakován v různých světelných podmínkách a začlenění specifických aberací oka a chromatických vlastností zrakového stimulu. Před měřením za skotopických podmínek probíhala adaptace na tmu po dobu 30 minut.

Výsledky měření ukázaly, že průměrný myopický posun za nízkých světelných podmínek činil -0,8 D. Z výsledků experimentu dále vyplynulo, že sférická ani chromatická aberace nehraje při vzniku noční myopie významnou roli, shodně

vyvolávají pouze malé rozostření a to pouze při velmi nízké hodnotě jasu. Jako hlavní příčina noční myopie tedy byly určeny chyby v akomodaci, což potvrzuje i menší myopický posun u starších osob zapojených ve studii. [24]

3.5. MOŽNOSTI KOREKCE

Noční myopie není obvykle nijak měřena ani korigována, pokud se ale setkáme s pacientem, který si stěžuje na zhoršené vidění za tmy, obzvláště, jedná-li se o aktivního řidiče, je třeba tento jev vzít v potaz. Standardně je takovýto pacient pouze vybaven brýlemi na dálku a tím je problém vyřešen. Kdybychom ale měli být pečliví, provedeme test na noční myopii. V případě jejího zjištění je pak vhodné pacientovi doporučit speciální korekci na dané světelné podmínky. Je ovšem nutné pacienta vhodně edukovat o této nové korekci, která má být používána pouze za snížených světelných podmínek (mlha, šero, noc), v žádném případě ne za denního světla.

Hodnota korekce pro noční myopii se u mladých osob pohybuje kolem $-0,75$ D, v presbyopickém věku by neměla přesahovat $-0,5$ D. K určení záporné adice je vždy nutné přistupovat individuálně. V případě presbyopů je třeba počítat s tím, že jakákoliv záporná adice zhorší vidění do blízka, korekci je proto nutné ověřit i do blízka a eventuálně přizpůsobit daným požadavkům. Jako výsledná hodnota je vždy brána nejslabší rozptylka, se kterou pacient již vidí ostře. Některé starší postupy doporučovaly použít pro korekci pouze poloviční hodnotu z celkové naměřené záporné adice. [2]

Získanou hodnotu pro korekci noční myopie je možné přičíst ke stávající dálkové korekci a pořídit samostatné brýle, nebo pouze vytvořit dioptrický klip se zápornou adicí, který je umístěn na vlastní dálkovou korekci a může být flexibilně používán podle aktuálních zrakových potřeb řidiče. Samozřejmostí u takovéto brýlové korekce by měla být antireflexní úprava čoček, která eliminuje nežádoucí odlesky. [2]

Pro zlepšení vidění v noci lze zvolit také čočky se žlutým či žlutooranžovým filtrem a s vysokou propustností pro světlo. Tyto čočky jsou díky svému zabarvení schopny filtrovat určitou část modrého světelného spektra a tím zlepšují kontrast a zmírňují únavu očí. [19] V současné době již mnoho výrobců brýlových čoček má ve svém portfoliu čočky určené přímo pro řidiče a pro použití za zhoršených světelných podmínek jako je mlha, šero, déšť apod. Tyto čočky bývají opatřeny výše uvedeným zabarvením a speciálními antireflexními úpravami. Společnost TAG Heuer dokonce nabízí celou kolekci brýlí s názvem Night Vision určenou pro emetropy. Brýlové čočky jsou laděny do světložlutého odstínu, který opět částečně eliminuje modrozelenou

vlnovou oblast spektra, tím zvyšuje kontrast a snižuje oční únavu a míru oslnění. Čočky jsou zároveň opatřeny $-0,25$ D pro částečnou korekci noční myopie a zaostření vidění. [32]

Byla vyvíjena snaha korigovat přímo některé příčiny noční myopie, jako je sférická a chromatická aberace. Je prokázáno, že tyto aberace jsou menší či nulové u osob s umělou nitrooční čočkou, tohoto efektu ovšem není příliš aktivně využíváno, jedná se spíše o pozitivní dopad na zrak po výměně vlastní oční čočky za umělou při operaci katarakty. [1] Na chromatickou aberaci má pozitivní vliv jednotný index lomu materiálu umělé nitrooční čočky, sférická aberace je upravena díky zápornému asférickému designu, který nejenže nezvyšuje vlastní sférickou aberaci umělé čočky, ale snižuje částečně i celkovou sférickou aberaci oka. Ke zmírnění efektu sférické aberace je možné využít dále speciálních brýlových či kontaktních čoček s asférickým zakřivením optických ploch, které okrajové paprsky zaostřují na stejné místo jako paprsky procházející optickou osou. Větší efekt na sférickou aberaci je udáván u asférických kontaktních čoček, díky umístění přímo na rohovce. V případě brýlové korekce dochází ke změně pohledového směru přes asférickou čočku a efekt není příliš účinný. [2, 31]

3.6. VLIV NOČNÍ MYOPIE NA ŘÍZENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

Zhoršené vidění způsobené noční myopií je velmi nepříjemné a obtěžující, podílí se na vzniku astenopických obtíží při nízkém osvětlení. Může dokonce snižovat schopnost lidí vykonávat některá povolání (piloti, strojvůdci, profesionální řidiči, atd.). Nejčastěji se s noční myopií setkávají řidiči při jízdě v noci, kdy noční myopie ve svém důsledku ovlivňuje bezpečnost silničního provozu. Samozřejmě, že noční myopie není jediný faktor, který zhoršuje vidění v noci. Kontrastní citlivost, věk, katarakta, laserové refrakční operace a oční choroby či úrazy vidění také výrazně ovlivňují.

Při řízení za horších světelných podmínek jako je hustá mlha, šero nebo tmavá noc mají řidiči obtíže rozlišovat detaily, včas zpozorovat blížící se objekty, neosvětlené chodce na silnici, je horší čitelnost nápisů a dopravního značení. Reakční doba na nečekané situace je tak mnohem delší než při dobrém osvětlení. Protijedoucí vozidla navíc vyvolávají oslnění. Veškeré světelné zdroje (značení, reflektory aut, pouliční osvětlení, atd.) se zdají být neostré, rozostřené do různých stran, obtížně se určuje jejich přesná vzdálenost a případná rychlost pohybu. Všechny tyto faktory výrazně ovlivňují

schopnosti a reakce řidiče, což jen potvrzují statistiky, které udávají až 3x větší úmrtnost za volantem v noci než ve dne. [1, 33]

Pro eliminaci výše zmíněných zrakových obtíží při nočním řízení existuje několik jednoduchých tipů. Základem je pečlivá korekce běžné refrakční vady, která by měla být v ideálním případě plná. Pro redukci nežádoucích odlesků se využívá antireflexní úprava brýlových čoček. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, je možné využít také čočky se speciálním zabarvením pro zlepšení kontrastu. Vizuální podmínky také zásadně ovlivňuje čistota čelního skla, která minimalizuje další světelné rozptylování. Dále je doporučeno vypnout v autě všechny zdroje světla, které působí rušivě, případně nastavit zpětné zrcátko tak, aby nedocházelo k oslňování reflektory auta jedoucího za námi. Samozřejmostí je pak přizpůsobení rychlosti jízdy daným zrakovým podmínkám. [2]

Platí, že mírně dalekozrací řidiči vidí za šera lépe bez brýlí, noční myopie v tomto případě neguje hodnotu nízké hypermetropie. Brýlová korekce není proto u nízkých hypermetropů pro noční řízení nezbytná. Naopak lehký myop nemá problémy s řízením bez korekce ve dne, ostrost vidění je korigována miotickou zornicí. Při sníženém osvětlení za šera a v noci je ale ostrost dramaticky snížena. Sečte se efekt samotné nekorigované vady a noční myopie. Myopa, byť s nízkou vadou, nelze z tohoto důvodu nechat v noci jezdit bez brýlové korekce. [1]

Na téma noční myopie ve spojení s řízením v noci již bylo vypracováno několik studií. Bylo například zkoumáno, zda má vliv řidičům předepisovat speciální korekci pro řízení v noci, při stmívání a obecně pro horší světelné podmínky. Zcela jednoznačně ovšem nelze zhodnotit, jaký přínos to pro řidiče zapojené ve studiích mělo. Jednotlivé experimenty se ve výsledném účinku liší. Ve studii O. W. Richardse z roku 1968 [2] byl zjištěn pozitivní dopad na vidění pouze u 12 % ze zkoumaných subjektů, při předložení negativní adice v rozsahu -0,5 až -1,0 D. Další studie z roku 1976 „The significance of night myopia for motor vehicle drivers“ [2] uvádí, že malá negativní adice o hodnotě -0,75 D byla užitečná v 1/3 případů, další 1/3 nepocítovala žádný rozdíl a pro zbývající 1/3 osob byla adice spíše nepříjemná. Jsou k dohledání ovšem i studie, které uvádí lepší zrakový dojem s upravenou korekcí až u 65 % sledovaných osob [19]. Z výše uvedeného tedy vyplývá, že případná korekce noční myopie pomocí záporné adice by měla být vždy individuální dle potřeb a nároků dané osoby. Korigovat by se měla především pokud si pacient stěžuje na rozmazané vidění během řízení v noci.

V roce 2006 byla zkoumána závislost mezi noční myopií a nehodovostí profesionálních řidičů v noci [33]. Do studie bylo zapojeno 136 profesionálních řidičů v průměrném věku 21 let, u kterých byla provedena refrakce za denních světelných podmínek a znovu po pětiminutové adaptaci na tmou. Změna refrakce byla korelována s počtem dopravních nehod, v nichž byli řidiči zapojeni. Noční myopie byla nalezena u 34 řidičů, její průměrná hodnota činila -1,2 D. Z výsledků vyplynulo, že řidiči s myopickým posunem větším než -0,75 D, byli zapojeni ve více dopravních nehodách uskutečněných v noci, než zbytek zkoumané skupiny. Noční myopie tedy má prokazatelně vliv na řízení v noci, u profesionálních řidičů by pak mělo být doporučeno screeningové vyšetření na přítomnost noční myopie.

4 EXPERIMENTÁLNÍ STANOVENÍ MYOPICKÉHO POSUNU ZA SNÍŽENÝCH SVĚTELNÝCH PODMÍNEK

Vzhledem k tomu, že česká literatura se o problematice noční myopie zmiňuje pouze okrajově a výzkumy s ní související byly prozatím prováděny především v zahraničí [24, 33, 34], je praktická část této diplomové práce věnována právě experimentálnímu stanovení myopického posunu za snížených světelných podmínek.

Při experimentu nebylo dosaženo přímo skotopických světelných podmínek vzhledem k jasů LCD optotypu použitého při vyšetření (jas tmavého pozadí optotypu $0,17 \text{ cd/m}^2$), který nespĺňuje skotopické podmínky. Výsledné mezopické podmínky byly ovšem pro experiment zcela dostačující, jelikož v dnešním běžném životě se s typickými skotopickými podmínkami již prakticky nesetkáváme díky světelnému znečištění a přítomnosti světelných zdrojů téměř všude. Navozené podmínky také korespondují s běžnými vyšetřovacími podmínkami v optometristické praxi. Podrobnější popis světelných podmínek lze nalézt v kapitole 4.2.2. Použité vybavení a vyšetřovací podmínky.

4.1. CÍLE

Primárním cílem práce je stanovení průměrné hodnoty myopického posunu za snížených světelných podmínek u vybraného vzorku populace. Snahou je ověřit hodnoty noční myopie udávané v běžně dostupné literatuře a studiích. Všichni probandi zapojení do výzkumu budou splňovat předem daná kritéria popsaná v další kapitole.

Experiment má také za cíl ukázat, zda jsou naměřené hodnoty noční myopie závislé na výběru testovaného znaku. V současné době je standardně využíván a doporučován tzv. White point test (podrobnější vysvětlení se nachází v kapitole 3.4.3.). Vzhledem k tomu, že tento klasický bodový test není součástí všech optotypů a v praxi jej tak nemůže využít každý, bude srovnán s alternativním kulatým znakem O a znakem s vnitřními detaily, konkrétně s písmenem E. Předpokladem je, že naměřené údaje s využitím jednotlivých znaků se nebudou významně lišit.

Při snížených světelných podmínkách lze díky větší zornici očekávat změnu sférocylických hodnot vlivem asféricity rohovky, což může mít za následek vliv na myopický posun. Dalším cílem experimentu je tedy vyhodnotit rozdíl objektivní refrakce stanovené aberometrem pro pupilu o velikosti 3 mm (simulující fopické

podmínky) a 5 mm (simulující snížené světelné podmínky) a jeho případný vliv na experimentálně stanovený noční myopický posun. Předpokladem je, že při větší pupile bude refrakce posunuta k záporným sférickým hodnotám oproti měření při menší pupile.

Standardně je myopický posun též vysvětlován na základě vyšší hodnoty sférické aberace při široké zornici. Dále je proto sledován vliv sférické aberace (otvorové vady) na naměřený myopický posun, přičemž předpokládáme, že s rostoucí velikostí této aberace poroste i velikost myopického posunu.

4.2. METODIKA VÝZKUMU

Experimentální část práce byla provedena v laboratoři optometrie na Katedře optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Měření probíhalo od prosince 2013 do února 2014.

4.2.1. TESTOVANÉ SUBJEKTY

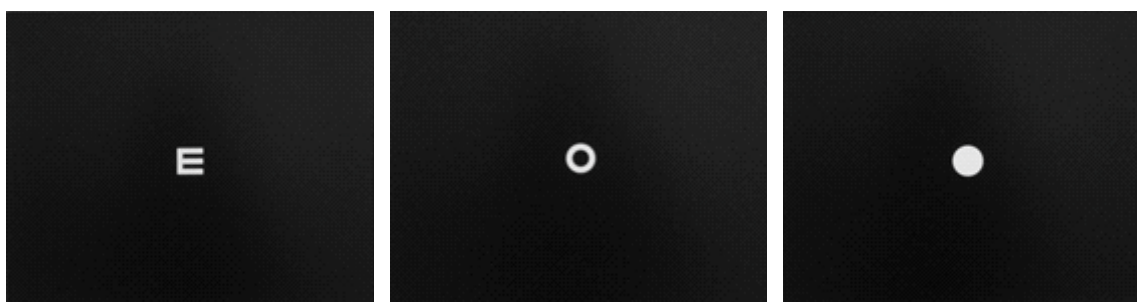
Do výzkumu bylo zapojeno celkem 35 probandů, přičemž pouze 30 z nich splňovalo v následující textu uvedená kritéria a jejichž získané hodnoty byly použity pro následné vyhodnocení. Z výsledného souboru bylo 20 žen a 10 mužů.

Výzkumu se mohly účastnit pouze osoby ve věkovém rozmezí 18 – 30 let. Věkový rozsah výsledného souboru byl 20 – 29 let, průměrný věk činil 23,6 let se směrodatnou odchylkou 1,9 let. Předem daný rozsah byl stanoven s ohledem na jednotnost souboru vzhledem k možné závislosti noční myopie na věku, respektive akomodaci - s věkem dochází k poklesu akomodační šíře. Se vzrůstajícím věkem se mění také velikosti zornic a zornicových reakcí [2, 21]. Sférické refrakční vady nebyly limitovány, ale astigmatismus byl přípustný pouze do hodnoty 1,0 D. Při dilatované zornici se hodnota i osa cylindru může měnit a výsledky měření by byly zkreslené. Přehledná charakteristika refrakčních vad ve studovaném souboru osob je uvedena v části 4.3. Výsledky v tabulce Tab. 1. Dalším kritériem byl vízus s korekcí minimálně 1,0 a rozdíl vízu mezi pravým a levým okem nesměl být větší než 1 řádek použitého optotypu. Probandi museli splňovat také podmínku stejně velkých zornic, maximální přípustný rozdíl činil 0,5 mm. Nutná byla také minimální velikost zornic 5 mm za daných snížených světelných podmínek. Probandi museli mít přibližně normální postavení očí (z důvodu použití foropteru), bez přítomnosti větších anatomických vad

a chorob zrakového aparátu. Všichni účastníci výzkumu podepsali informovaný souhlas, jehož znění je v Příloze č. 1.

4.2.2. POUŽITÉ VYBAVENÍ A VYŠETŘOVACÍ PODMÍNKY

K testování byly použity tyto pomůcky a testy: zkušební obruba a sada zkušebních čoček, automatický foropter (RT-5100, NIDEK), aberometr i-Profiler (IPROF101000, Zeiss), Snellův optotyp (modifikace s bezpatkovým písmem), optotyp s inverzní funkcí (bílé znaky na černém pozadí – znak O, znak E), bodový zdroj na tmavém pozadí (White point test). Testy použité pro měření myopického posunu jsou pro názornost vyobrazeny na Obr. 15. Všechny testy byly zobrazeny na stejném LCD displeji z důvodu zachování stejných vyšetřovacích podmínek. Vyšetřovací vzdálenost byla 6 m.



Obr. 15: Použitý znak O, znak E, bodový zdroj

Vyšetření jednotlivých probandů probíhala v různém časovém rozmezí. Aby byly pro všechny zajištěny stejné a stabilní světelné podmínky, byla vyšetřovna po celou dobu zatemněna a fotopické podmínky byly navozeny pomocí umělého osvětlení.

Za fotopického vidění byl použit Snellův optotyp. Jas bílého pozadí optotypu činil 195 cd/m^2 . Černé znaky optotypu měly jas 15 cd/m^2 . Za podmínek sníženého osvětlení byl využit bodový zdroj a samostatný znak v inverzním provedení, jas bílých znaků činil 95 cd/m^2 , jejich tmavé pozadí pak mělo jas $0,17 \text{ cd/m}^2$. Jas byl změřen jasoměrem LMT L1003. Z uvedených hodnot jasu je zřejmé, že světelné podmínky při vyšetření byly mezopické, skotopických podmínek nebylo dosaženo (viz kapitola 3.1. Adaptace na tmu).

4.2.3. METODIKA MĚŘENÍ

V první fázi experimentu byl proband usazen před i-Profiler, v místnosti se navodily snížené světelné podmínky. Výsledek objektivní refrakce není závislý na citlivosti fotoreceptorů, proto bylo toto měření provedeno bez dlouhodobé adaptace. Byly přeměřeny obě oči. Sledovaly se naměřené hodnoty refrakce pro pupily průměru 3 mm a 5 mm a také maximální možná velikost zornic. Stanovená hodnota sférocyklindrické korekce byla určena na základě výsledků provedené aberometrie. Dále byla sledována hodnota sférické aberace, reprezentovaná příslušným Zernikeho koeficientem Z_4^0 .

Následovalo stanovení subjektivní refrakce probanda za fotopických podmínek. Vycházelo se z objektivního měření i-Profilerem pro 3 mm pupilu a z dosavadní korekce. Vyšetření se provádělo na Snellově optotypu za použití zkušební obruby. Po dokonalém binokulárním vyvážení se výsledná hodnota refrakce převedla do foropteru. Foropter byl nastaven na dané PD, výšku a anatomicky přizpůsoben pro daného probanda. Následovalo ověření vidění přes foropter.

Po stanovení refrakce probíhala adaptace na tmu. V zatemněné místnosti proband adaptoval po dobu 15 minut. V mnoha zdrojích se uvádí, že plná adaptace na tmu trvá 40 – 60 minut, ale pro podmínky experimentu je 15 minut zcela dostačujících, viz níže. Po adaptaci je proband vyšetřován na bodovém zdroji a samostatném inverzním znaku. Jas tmavého pozadí těchto použitých optotypů činí $0,17 \text{ cd/m}^2$. Tento jas lze pokládat za potřebný adaptační jas. Pokud vycházíme z adaptační křivky (viz Kapitola 3,1.), hodnota tohoto jasu se pohybuje v mezopické oblasti vidění. Bylo by proto zbytečné adaptovat delší dobu, když není při vyšetření možné zachovat stejnou hodnotu jasu jako v průběhu adaptace. Před samotným výzkumem rovněž proběhlo předběžné měření na 3 probandech, ve kterém byla ověřena doba adaptace pro dané světelné podmínky. Měření ukázalo, že po delším časovém úseku se již hodnota myopického posunu neměnila. Delší čas pro adaptaci by také více unavil probandy a zbytečně prodloužil celkovou dobu vyšetření.

V další části experimentu byl využit přednastavený foropter. Přístroj byl použit z důvodu jednoduché manipulace s čočkami. Ve tmě by byla manipulace s běžnými zkušebními čočkami a brýlovou obrubou velmi složitá a zdlouhavá. Přístrojová myopie je v tomto případě zanedbatelná, ve tmě je foropter probandem téměř nerozpoznatelný. Další měření se vždy prováděla binokulárně, předpokladem je proto dokonale binokulárně vyvážená korekce.

Veškeré nadcházející měření bylo prováděno za daných mezopických podmínek, stejných jako při měření na i-Profileru a při adaptaci na tmu. Proband se dívá skrz foropter s nastavenou subjektivní korekcí na dálku. Sleduje optotyp, na kterém je samostatný inverzní znak O velikosti odpovídající vízu 0,4. Je vyzván, aby sledoval okraje znaku, zda jsou ostré, nerozpíjí se, zda se nevytváří kolem znaku „halo“ efekt. Postupně jsou na foropteru binokulárně předkládány -0,25 D. Ptáme se, zda se okraje znaku zaostřily. Předkládáme další -0,25 D tak dlouho, dokud se znak zcela nedoostří. První -0,25 D, při které jsou okraje znaku zcela ostré, je výslednou hodnotou. Pomocí +0,25 D zpětně zkontrolujeme, že se okraje znaku opět rozostří. V případě přidání další -0,25 D již dojde ke zmenšení pozorovaného obrazu. Stejný postup zopakujeme pro samostatný inverzní znak E velikosti odpovídající vízu 0,4 a následně pro bodový zdroj. Na závěr zopakujeme stanovení myopického posunu pro znak O. V rámci předvýzkumu bylo totiž zjištěno, že myopický posun naměřený bezprostředně po rozsvícení optotypu se zkoumaným znakem byl vždy mírně vyšší, než u následujících znaků. Proto je myopický posun pro znak O měřen opakovaně, aby byly získané hodnoty srovnatelné a měřené za stejných podmínek. Při vyhodnocení získaných dat jsou použity výsledky z opakovaného měření znaku O.

Optimální velikost použitých znaků byla zkoumána před samotným výzkumem. Velikost zvoleného znaku O byla limitována softwarem optotypu, který neumožnil libovolné zobrazení písmene O. Pro tento znak bylo možné na daném optotypu použít pouze velikosti odpovídající vízu 1,2, 1,0, 0,7, 0,4 nebo 0,06. Znaky velikosti odpovídající vízu 1,2 a 1,0 byly vyloučeny z důvodu velmi špatné čitelnosti v inverzním provedení optotypu. Hranice vízu pro testované osoby byla navíc předem daná na 1,0, proto znaky použité v dalším testování musely být při mezopických podmínkách větší, aby byly pro všechny probandy stejně čitelné. Znak odpovídající vízu 0,06 byl také vyloučen. Rozsáhlejší bílá plocha znaku již způsobovala rozjasnění ve vyšetřovací místnosti, detaily znaku byly příliš hrubé. Znaky velikosti odpovídající vízu 0,7 a 0,4 byly zkoumány v rámci předběžného výzkumu na 3 probandech. Menší znak (0,7) se hůře rozlišoval, jeho detaily splývaly. Znak velikosti 0,4 všem vyšetřovaným vyhovoval, byl dobře čitelný. Velikost tohoto znaku se také nejvíce přibližovala velikosti bodového zdroje. Znak velikosti 0,4 je pozorován pod úhlem 12,5', bodový zdroj pod úhlem 15,5'. Pro možné srovnání byla pro znak E použita stejná velikost.

4.2.4. METODIKA STATISTICKÉHO VYHODNOCENÍ

Veškeré získané výsledky byly zpracovány v programu Microsoft Office Excel 2007. Statistické vyhodnocení hodnot myopického posunu získaných měření na znaku O, znaku E a bodovém zdroji bylo provedeno pomocí metody ANOVA s opakovaných měření (repeated measurements ANOVA). Hladina významnosti byla zvolena 5 %, což znamená, že při zamítnutí rovnosti dat je 5% riziko, že se data skutečně rovnají. V textu je též uvedena mezní hladina významnosti p , při které by právě došlo k zamítnutí rovnosti naměřených dat. Pro porovnání objektivní refrakce určené aberometrem za fotopických a mezopických podmínek (za různých velikostí pupily) byl použit dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu na hladině významnosti opět 5 %, taktéž je doplněna mezní hladina významnosti p . K vyhodnocení závislosti myopického posunu na rozdílu objektivní refrakce pro 3 a 5 mm a na sférické aberaci byl použit korelační koeficient r . Pro kompletní statistické vyhodnocení byly počítány také průměrné hodnoty a směrodatné odchylky.

4.3. VÝSLEDKY

U 30 probandů zapojených do studie byly sledovány následující hodnoty: věk, maximální velikost zornice za snížených světelných podmínek, vízus s korekcí, objektivní refrakce pro 3 a 5 mm, subjektivní refrakce, hodnota sférické aberace reprezentovaná Zernikeho koeficientem Z_4^0 a myopický posun měřený na znaku O, znaku E a bodovém zdroji. V základní charakteristice měřeného souboru jsou vždy uvažovány hodnoty ze všech pravých i levých očí souhrnně, myopický posun byl vyšetřován již binokulárně.

Věková charakteristika souboru již byla popsána v kapitole 4.2.1. Testované subjekty. Průměrná velikost zornice za skotopických podmínek činila 6,07 mm (směrodatná odchylka 0,58 mm), velikost se pohybovala v rozsahu 5,0 – 7,3 mm. Průměrný dosažený monokulární vízus na použitém LCD optotypu byl 1,44 se směrodatnou odchylkou 0,12.

V případě měření objektivní refrakce byly zaznamenány sférické hodnoty v rozsahu -6,24 D až 1,19 D, cylindr pak v rozsahu -0,99 D až -0,02 D. Při subjektivní refrakci byly změřeny hodnoty sféry v rozsahu -6,0 D až 1,0 D, cylindr v rozmezí -0,75 D až 0,0 D. Dioptrické rozdíly mezi pravým a levým okem jednotlivých probandů jsou zanedbatelné. Průměrné hodnoty (\bar{O}) a směrodatné odchylky (σ) objektivní a subjektivní refrakce jsou zpracovány do Tab. 1. V případě objektivní refrakce je

tabulka členěna na hodnoty změřené pro zornici o velikost 3 mm a 5 mm. Byly zjišťovány hodnoty sféry (SPH), cylindru (CYL), a sférického ekvivalentu (SE). Vždy je uvažován zápis refrakce se zápornou hodnotou korekčního cylindru.

	OBJEKTIVNÍ REFRAKCE / D						SUBJEKTIVNÍ REFRAKCE / D		
	3 mm zornice			5 mm zornice			SPH	CYL	SE
	SPH	CYL	SE	SPH	CYL	SE			
$\bar{\emptyset}$	-1,26	-0,43	-1,47	-1,20	-0,40	-1,40	-1,15	-0,19	-1,23
σ	1,90	0,23	1,93	1,87	0,22	1,90	1,81	0,24	1,86

Tab. 1: Hodnoty objektivní a subjektivní refrakce pro všechny sledované oči (levé i pravé oko každého probanda)

Hodnota sférické aberace získaná měřením na i-Profileru byla zjištěna v záporných i kladných hodnotách (v rozsahu -0,14 μm až 0,15 μm), průměr činil -0,02 μm a směrodatná odchylka 0,06 μm . Rozdíl mezi hodnotami sférické aberace pro pravé a levé oko jednotlivých probandů je nevýznamný.

Největší myopický posun byl naměřen o hodnotě -1,75 D, ale pouze v jednom případě, nejmenší hodnota posunu byla 0,0 D, nebyla naměřena žádná kladná hodnota. Průměrné hodnoty ($\bar{\emptyset}$) a směrodatné odchylky (σ) myopického posunu měřené na bodovém zdroji, znaku O a znaku E jsou znázorněny v následující tabulce Tab. 2.

	Myopický posun / D		
	Znak O	Znak E	Bodový zdroj ●
$\bar{\emptyset}$	-0,50	-0,44	-0,48
σ	0,30	0,31	0,30

Tab. 2: Myopický posun na jednotlivých znacích

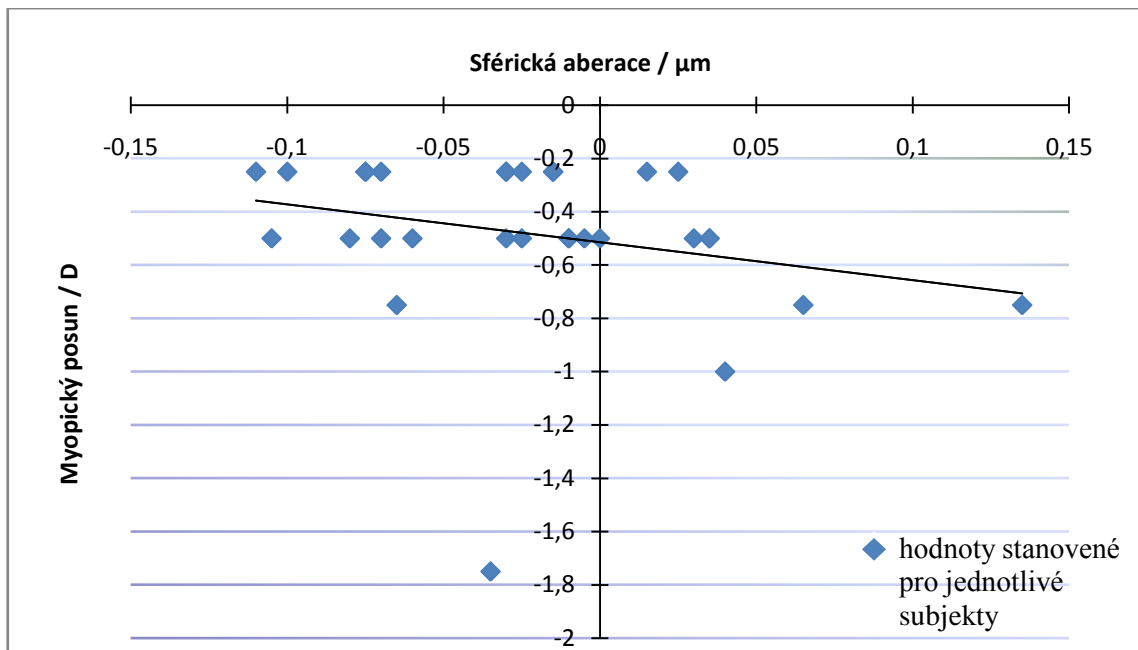
Pro detailnější srovnání výše uvedených hodnot myopického posunu získaných měřením na znaku O, znaku E a bodovém zdroji byla použita metoda ANOVA s opakovaným měřením. Hodnotilo se, zda dosahuje myopický posun na některém ze jmenovaných znaků odlišných hodnot. Při testování na hladině významnosti 5 % nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi znaky použitými k měření noční myopie (mezní hladina významnosti $p = 0,085$).

Dále byl využit dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu pro zhodnocení, zda je významný rozdíl mezi objektivní refrakcí stanovenou při různých velikostech zornice (pro 3 a 5 mm). Hladina významnosti byla určena 5 %. Srovnání bylo provedeno pro průměrné hodnoty sférického ekvivalentu pravého a levého oka. Mezi refrakcí stanovenou pro různé velikosti zornic byl statisticky významný rozdíl, ale těsně na hranici významnosti (mezní hladina významnosti $p = 0,024$). Průměrná hodnota sférického ekvivalentu pro 3 mm zornici je -1,47 D se směrodatnou odchylkou 1,96 D, pro 5 mm zornici je průměrná hodnota -1,40 D a směrodatná odchylka 1,92 D. Za snížených světelných podmínek (tj. při větší zornici), se tedy hodnota refrakce posouvá do méně záporných hodnot, což nekoresponduje s noční myopií. Také korelace myopického posunu a dioptrického rozdílu hodnot refrakce pro 3 a 5 mm zornici je statisticky nevýznamná (korelační koeficient $r = 0,227$).

Pro posouzení závislosti myopického posunu na velikosti sférické aberace Z_4^0 byl taktéž využit korelační koeficient r . Korelace byla provedena s hodnotami sférické aberace získané měřením na i-Profileru. Vzhledem k binokulárnímu stanovení myopického posunu byla sférické aberace pro každého probanda reprezentována průměrnou hodnotou z levého a pravého oka. Hodnoty myopického posunu byly použity z měření na bodovém zdroji. Byla zjištěna slabá, statisticky nevýznamná závislost mezi myopickým posunem a sférickou aberací (korelační koeficient $r = -0,245$), která je znázorněna na následujícím grafu. Z něj vyplývá, že myopický posun se mírně navyšuje s rostoucí sférickou aberací. Tuto závislost lze na základě provedené lineární regrese aproximovat přímkou ve tvaru:

$$y = -1,42x - 0,51,$$

kdy y značí myopický posun [D] a x sférickou aberaci [μm]. Naměřenými daty byla proložena odpovídající regresní přímka.



Graf 1.: Závislost myopického posunu na sférické aberaci, data proložena regresní přímkou

4.4. DISKUZE

Výsledky studie potvrdily některé předpoklady definované výše v textu. Byla především ověřena hodnota noční myopie udávaná v běžně dostupné literatuře a studiích. Obecně je udáván průměrný myopický posun $-0,75$ až $-2,0$ D [1, 2, 18, 19, 24], ale v rámci jednotlivých studií se tato hodnota může mírně lišit. Námi experimentálně stanovená průměrná hodnota myopického posunu (měřeno na bodovém zdroji) byla $-0,50$ D, tedy těsně pod spodní hranicí tohoto rozsahu. Příčinou rozdílu hodnot může být relativně malý zkoumaný soubor osob a zejména dané světelné podmínky, které byly pro tento experiment stanoveny. Vzhledem k metodice vyšetření, kdy se dioptrická hodnota člení po $0,25$ D krocích, vykazují zjištěné hodnoty víceméně shodu a dostupnými zdroji.

U jedné osoby byl myopický posun naměřen o hodnotě $-1,75$ D, což dokazuje, že noční myopie může dosahovat i vyšších hodnot. Tato osoba ovšem zároveň vykazovala vysoký stupeň myopie ($-6,0$ D) a byla dlouhodobě podkorigována. Extrémní hodnota noční myopie tak může být v tomto případě způsobena nerovnováhou akomodačního systému.

Je uváděno, že noční myopie může v některých případech dosahovat dokonce kladných hodnot [19]. To jsme v tomto experimentu neověřili, je třeba ovšem brát v potaz malý počet testovaných subjektů. U některých probandů byla ale hodnota noční

myopie zjištěna nulová, což jen potvrzuje, že dioptrický rozsah myopického posunu je velmi variabilní a striktně individuální.

Dalším cílem práce bylo zjistit, zda se liší hodnoty myopického posunu naměřené na různých znacích (v našem případě byl srovnán bodový zdroj, znak O a znak E), neboť tato konkrétní problematika zatím nebyla v žádné publikované studii zkoumána. Z výsledků je patrné, že hodnoty myopického posunu za použití rozdílných znaků pro vyšetření se liší jen velmi málo, rozdíl je statisticky i klinicky nevýznamný. Není proto nutné pro vyšetření noční myopie používat pouze doporučený White point test, ale i jiné, alternativní znaky, které má vyšetřující aktuálně k dispozici. Z předvýzkumu vyplynula ovšem vhodnost dodržení přibližně stejné velikosti znaků jako v případě klasického testu na noční myopii, aby byly naměřené výsledky srovnatelné. Znaky odlišné velikosti testovány nebyly. Kromě doporučené velikosti znaků je pak samozřejmostí při vyšetření dodržení vyšetřovací vzdálenosti a nastavení vhodných světelných podmínek simulující noční podmínky.

V minulosti byla provedena studie Shedding light on night myopia [34], která se také zabývala testy pro vyšetření noční myopie. Zkoumala ovšem rozdíl mezi testem s bílým znakem na černém pozadí a jeho inverzním barevným provedením (černý bod na bílém pozadí). Podle této studie má oko tendenci více akomodovat při pohledu na světlý podnět na tmavém pozadí, což je právě běžný White point test využívaný pro vyšetření noční myopie. Tento test nejlépe simuluje situaci, kterou lidské oko potkává za zhoršených světelných podmínek, tedy tmavé pozadí s občasnými světelnými body, oko je při těchto podmínkách nuceno více akomodovat a navozuje se myopický refrakční stav.

Co se týče ověření, zda je možné podle hodnot objektivní refrakce stanovených pro zornice různých velikostí (3 a 5 mm) předvídat velikost myopického posunu, výsledek je poněkud matoucí. Ačkoliv byl zjištěn statisticky významný rozdíl v refrakci, naměřené hodnoty byly zcela opačné, než se předpokládalo. Více záporné hodnoty byly zaznamenány oproti očekávání za simulovaných ftopických podmínek, tedy při menší pupile. Byl tak vyvrácen předpoklad, že refrakce zjištěná při větší pupile bude posunuta k více záporným hodnotám oproti měření při menší pupile. Toto zjištění je možné vysvětlit menším poloměrem zakřivení (a tím i menší lomivostí vedoucí k hypermetropizaci) rohovky v periférii, přičemž právě tato periferie se do formování sítnicového obrazu zapojí více při širší zornici. Dá se tedy usuzovat, že velikost refrakce stanovená z příslušných Zernikeho koeficientů nemá na noční myopii podstatný vliv,

větší měrou se mohou projevit spíše aberace vyšších řádů, které zde ovšem nebyly zahrnuty.

Jak velký vliv má sférická aberace na vznik noční myopie a zda je možné podle její hodnoty předpokládat výsledný myopický posun bylo zkoumáno na závěr experimentu. Z výsledků je zřejmé, že ačkoliv je vliv sférické aberace patrný, ovlivňuje noční myopii pouze minimálně, což jen potvrzuje výsledky ze španělské studie [24], která je podrobněji popsána v kapitole 3.4.4. Nelze proto podle zjištěné sférické aberace ani předvídat výslednou hodnotu myopického posunu. Hlavní příčinu noční myopie je tak nutné hledat zejména v akomodaci, případně v chromatické aberaci. Pokud bychom měli vycházet právě z výsledků již uvedené studie [24], tak za hlavní příčinu vzniku noční myopie byla určena akomodace, vliv chromatické aberace byl taktéž minimální. Chromatická aberace ani akomodace ovšem nebyla předmětem zkoumání v našem experimentu.

ZÁVĚR

Snahou této diplomové práce bylo vytvoření uceleného textu, po jehož přečtení bude čtenář chápat všechny souvislosti týkající se noční myopie. Bylo zde popsáno co to noční myopie je, jak se projevuje a jak vzniká. Především příčiny vzniku jsou v tomto textu rozebrány podrobněji, jelikož dodnes není zcela objasněno jejich spolupůsobení. Pro běžnou praxi optometristy jsou pak podstatné kapitoly popisující možnosti vyšetření a korekce noční myopie. Vzhledem k tomu, že v současné době je noční myopie zmiňována především v souvislosti s nočním řízením a bezpečností na silnicích, je v práci vyhrazena samostatná podkapitola také této aktuální tématice. Pro důkladné pochopení problematiky noční myopie byl pak úvod práce věnován samotné myopii a také dalším speciálním typům myopie.

Stěžejní část práce byla věnována experimentálnímu stanovení myopického posunu za snížených světelných podmínek. Bylo zjištěno, že průměrný myopický posun v námi zkoumaném vzorku osob činil přibližně $-0,5$ D, což jen potvrzuje údaje uváděné v běžných zdrojích a studiích. Byla zkoumána také role použitého znaku, přičemž v případě dodržení přibližně stejné velikosti na optotypu nebyl nalezen významný rozdíl mezi jednotlivými znaky. Není proto nutné pro vyšetření noční myopie používat pouze doporučený White point test, ale je možné využít také alternativních znaků, které má daný vyšetřující aktuálně k dispozici.

Dále experiment ukázal, že není možné předvídat výslednou hodnotu myopického posunu podle hodnot objektivní refrakce určených pro různé velikosti zornice. Ačkoliv je možné sledovat závislost v naměřených údajích, hodnoty refrakce jsou zcela opačné, než bychom v případě noční myopie očekávali (více myopické hodnoty byly zjištěny při menší zornici). Stejně tak nelze předvídat hodnotu noční myopie podle sférické aberace. Míra závislosti na noční myopii je ze získaných dat sice patrná, ale podle španělské studie [24] hraje mnohem větší roli akomodace, případně chromatická aberace. Tyto příčiny ovšem nebyly předmětem zkoumání naší studie.

Tento experiment může také sloužit jako návod pro možné vyšetření noční myopie. Věřím, že se díky zvyšujícím se nárokům na dokonalé vidění a neustále se vylepšujícím technologiím bude poptávka po možnostech zlepšení vidění za tmy a za šera, především v okruzích řidičů, postupně navyšovat. Je tedy jen na nás, optometristech, zda budeme schopni našim zákazníkům nabídnout to nejlepší řešení pro jejich zrak.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY

- [1] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN 80-7013-402-X.
- [2] TUNNACLIFFE, Alan H. *Introduction to visual optics*. Godmershan: ABDO College, 1993. ISBN 0-9009-928-3.
- [3] <http://www.ziris.cz/ocni-vady/attachment/myopia-kratkozrakost-3/>
- [4] SAW, Seang-Mei, KATZ, Joanne. *Epidemiology of Myopia*. In: *Epidemiologic reviews.*, Vol.18, No.2, 1996, pp. 175 - 186.
- [5] PLUHÁČEK, František. *Přednášky k předmětu Fyziologická optika*. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2009.
- [6] <http://www.essilor.com/fr/BienVoir/ComprendreVision/Pages/Home.aspx#>
- [7] PLUHÁČEK, František. *Přednášky k předmětu Korekce zraku I*. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2010.
- [8] <http://www.medicitalia.it/minforma/oculistica/1481/maculopatia-miopica-progressione-nel-tempo.html>
- [9] GROSVENOR, Theodore. *Primary care optometry*, 5th edition. Butterworth – Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 0-7506-7575-6.
- [10] KOLÍN, Jan. *Oční lékařství*. 2., přeprac. vyd. Praha, Karolinum: Učební texty Univerzity Karlovy v Praze, 2007. ISBN 978-80-246-1325-3.
- [11] KRAUS, Hanuš a kolektiv. *Kompendium očního lékařství*. Praha, Grada Publishing, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
- [12] ROSENFELD, Mark, LOGAN, Nicola. *The Development of refractive error*. In: *Optometry: Scieny techniques and Clinical Management*, 2nd edition. Butterworth – Heinemann, Elsevier, 2009. ISBN 978-0-7506-8778-2.
- [13] PLUHÁČEK, František. *Přednášky k předmětu Korekce zraku II*. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2010.
- [14] <http://zrak-nas-nejcennejsi-smysl.blog.cz/1002/refrakcni-vady-oka>
- [15] *Empty Field Myopia*. SKYbrary [online]. 2013 [cit. 2014-09-22]. Dostupné z: http://www.skybrary.aero/index.php/Empty_Field_Myopia

- [16] *Empty Field / Space Myopia*. AviationKnowledge [online]. 2010 [cit. 2014-09-22]. Dostupné z: <http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:empty-field-space-myopia>
- [17] YUNG, Chi-Wah, KOLIN, Talin, BAILEY, Robert. *Instrument and microscope myopia: What's all the focus about?*. Eye World [online]. 2011 [cit. 2014-09-22]. Dostupné z: <http://www.eyeworld.org/article-instrument-and-microscope-myopia--what-s-all-the-focus-about>
- [18] KOOMEN, M., SCOLNIK, R., TOUSEY, R.. *A study of Night Myopia*. In: Journal of the Optical Society of America. Vol. 41, No. 2, 1951, pp. 80 – 90.
- [19] SEVER, Ania. *Night myopia*. In: MAJER, Jiří. *Sborník přednášek 2. celostátní studentské konference optometrie*. Brno, 2010.
- [20] AUTRATA, Rudolf, ČERNÁ, Jana. *Nauka o zraku*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-362-7.
- [21] POLÁŠEK, Jaroslav. *Technický sborník oční optiky*. 2. vydání, Praha: Oční optika, 1975. 579 s.
- [22] <http://www.handprint.com/HP/WCL/color4.html>
- [23] <http://www.multilens.com/index.php?q=content/ml-night-cover>
- [24] ARTAL, Pablo, etl al. *Night myopia studied with an adaptive optics visual analyzer*. PLoS ONE [online]. 2012 [cit. 2014-10-19]. Dostupné z: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0040239>
- [25] KRUEGER, Ronald, APPLGATE, Raymond, MACRAE, Scott. *Wavefront Customized Visual Correction*. USA, SLACK Incorporated, 2004. ISBN 1-55642-625-9.
- [26] <http://www.vision-systems.com/articles/print/volume-17/issue7/features/leverage-lenses-for-better-vision.html>
- [27] <http://fxfactory.com/downloads/docs/noiseindustries/fxfactorypro/Documentation/distort/chromaticaberration.html>
- [28] <http://www.ped.muni.cz/wphy/publikace/jancovic1.html>
- [29] ELLIOTT, David. *Clinical procedures in primary eye care*. Butterworth – Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8896-3.
- [30] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-301-5.

- [31] SUDER, Martin. Výukové materiály k předmětu Aberace oka v optometrické praxi. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2013.
- [32] <http://www.tagheuer.com/int-en/eyewear/expert-glasses/night-vision>
- [33] COHEN, Yuval, et al. *Relationship between night myopia and night-time motor vehicle accidents*. In: *Acta Ophthalmologica Scandinavica*. 2007, 85, pp. 367 – 370.
- [34] LÓPEZ-GIL, Norbert, et al. *Shedding light on night myopia*. In: *Journal of Vision*. Vol. 12, No. 5, article 4, 2012. Dostupné z: <http://www.journalofvision.org/content/12/5/4.full?sid=75cfad2e-49d9-45c4-aced-f4a50140fe8b>

PŘÍLOHY

Příloha 1 – Informovaný souhlas

Informace a informovaný souhlas pro účastníky výzkumné studie

Název výzkumné studie: *Noční myopie*

Vedoucí výzkumné studie: RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D

Katedra optiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita
Palackého v Olomouci

17. listopadu 12, 771 46 Olomouc

Tel.: 585 634 310, e-mail: pluhacek@prfnw.upol.cz

Řešitel: Bc. Hana Rýparová

Katedra optiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

17. listopadu 12, 771 46 Olomouc

Informace o výzkumné studii:

Cílem studie je zjistit myopický posun za skotopických podmínek, zda je velikost posunu ovlivněna typem zvoleného optotypu a jakou roli v tomto jevu hraje sférická aberace. Účastníkům studie budou změřeny aberace zrakového systému, vyšetřena refrakce a po adaptaci na tmou bude proveden test na noční myopii. Získaná data budou následně vyhodnocena.

Do výzkumu jsou zahrnuty osoby ve věkovém rozmezí 18 – 30 let. Účastníci výzkumu musí dosáhnout vízu s korekcí minimálně 1,0 a rozdíl vízu mezi pravým a levým okem nesmí být větší než 1 řádek. Hodnota astigmatismu je přípustná do 1,0 D. Maximální přípustný rozdíl mezi velikostmi pravé a levé zornice je 0,5 mm, ve tmě musí obě zornice dosáhnout minimálně 5 mm. Účastníci výzkumu musí mít přibližně normální postavení očí, bez přítomnosti větších anatomických vad a chorob zrakového aparátu.

Účastník na výzkumné studii přispívá k rozvoji poznatků v oblasti optometrie, které mohou v budoucnu přispět ke zkvalitnění péče v oblasti zraku. Informace získané v této studii slouží jako materiál pro výzkumnou část diplomové práce s názvem „Noční myopie“.

Výsledky prováděné studie budou zveřejněny v rámci této práce, popř. v odborné literatuře a mohou být prezentovány na odborných konferencích. Dále budou sloužit jako podklady pro další výzkum. Všechna výzkumem zjištěná data budou vždy prezentována anonymně, tedy bez uvedení identity účastníka.

Popis výzkumných procedur:

Předpokládaný počet probandů je 30 osob. Účastník studie podstoupí měření pouze jednou, doba vyšetření je cca 40 minut. Proband bude seznámen s průběhem studie a vyplní informovaný souhlas. Bude provedeno měření objektivní refrakce, sférické aberace a velikosti zornic na i-Profileru (IPROF101000, Zeiss). Dále bude stanovena subjektivní refrakce na dálku a anatomicky nastaven foropter (RT-5100, NIDEK). Následně bude proband po dobu 15 minut adaptovat na tmu. Po adaptaci bude za skotopických podmínek a za použití foropteru proveden test na noční myopii. Získaná data budou následně zpracována a vyhodnocena.

Rizika účasti ve studii:

Všechna měření budou provedena v laboratoři optiky na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Měření bude prováděno neinvazivními metodami. Vyšetření není fyzicky ani psychicky náročné. Po účastnících výzkumu nejsou vyžadovány žádné speciální schopnosti a vlastnosti. Jediným rizikem může být strach ze tmy, případně krátkodobá bolest očí či hlavy.

K této *Informaci* je přiložen *formulář Informovaného souhlasu účastníka s účastí na studii*. Souhlas s Vaší účastí ve studii výzkumu vyjádřený Vaším podpisem tohoto dokumentu před zahájením testování je především prohlášením o **dobrovolnosti** účasti a o vědomí práva kdykoliv souhlas s další účastí ve studii odmítnout. Toto případné odmítnutí neovlivní jakkoli negativně další vztah mezi vedoucím či řešitelem studie a Vámi. Tato zásada platí i v případě, že nebudete souhlasit ani s Vaším vstupem do výzkumné studie.

Informovaný souhlas s účastí na výzkumné studii

Jméno: _____
Příjmení: _____
Pohlaví: _____
Věk: _____

- 1) Tímto *souhlasím* s účastí na výzkumné studii“ *Noční myopie*“.
- 2) Byl(a) jsem informován(a) o cílech výzkumu, o vyšetřovacích metodách a vyšetřeních, které mi budou prováděny a o náročnosti výzkumné metody zvolené pro toto měření.
- 3) Byl(a) jsem informován(a) o fyzické náročnosti a případných rizicích metody výzkumu.
- 4) Byla jsem informována, že moje účast ve výzkumu je zcela dobrovolná a může být kdykoli zrušena bez jakýchkoliv sankcí.
- 5) Všechny údaje získané v rámci tohoto výzkumu budou zpracovávány, prezentovány či publikovány bez uvedení osobních dat účastníka (tj. anonymně). Tyto údaje mohou být využity pouze pro studijní, publikační a výzkumné účely pověřeným studentům a pracovníkům katedry optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne: _____

podpis: _____